



**UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE  
MANABÍ**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TERMODINÁMICA**

*Manta - Manabí - Ecuador*

**2010**

## CAPÍTULO 2

1. En relación con la figura la presión atmosférica vale 100 kPa y los manómetros A y B indican ambos 210 kPa (man.). Calcule la presión absoluta en los recipientes A y B en:
- kPa
  - mm Hg

$$P_{abs} = P_m + P_a$$

$$P_{abs} = 210 \text{ kPa} + 100 \text{ kPa}$$

$$P_{abs} = 310 \text{ kPa}$$

$$P_{abs} = P_m + P_a$$

$$P_{abs} = 210 \text{ kPa} + 310 \text{ kPa}$$

$$P_{abs} = 520 \text{ kPa}$$

$$310 \times 10^3 \text{ Pa} * \frac{1 \text{ atm}}{1 \times 10^5 \text{ Pa}} * \frac{760 \text{ mm Hg}}{1 \text{ atm}} = 2356 \text{ mm Hg}$$

$$520 \times 10^3 \text{ Pa} * \frac{1 \text{ atm}}{1 \times 10^5 \text{ Pa}} * \frac{760 \text{ mm Hg}}{1 \text{ atm}} = 3952 \text{ mm Hg}$$

2. Un manómetro de líquido se emplea para medir una presión, como se indica en la figura. El líquido en la columna es mercurio, que tiene una densidad de 13.6 veces la del agua. Si la presión atmosférica vale 95 kPa y la altura de la columna es de 1.5 m, determine la presión del sistema.

$$P_{sist} = P_a + P_m$$

$$P_{sist} = P_a + (p.l.g)$$

$$P_{sist} = 95 \times 10^3 \text{ N/m}^2 + (13600 \text{ kg/m}^3) * (1.5 \text{ m}) * (9.8 \text{ m/s}^2)$$

$$P_{sist} = 95 \times 10^3 \text{ N/m}^2 + 199.920 \text{ N/m}^2$$

$$P_{sist} = 294.920 \text{ N/m}^2$$

3. Durante el despegue de una nave espacial, un astronauta de 80 kg de peso experimenta una aceleración igual a cinco veces la intensidad de la gravedad normal de la Tierra. Si el despegue es vertical, ¿Qué fuerza ejerce sobre el asiento que ocupa en la nave?

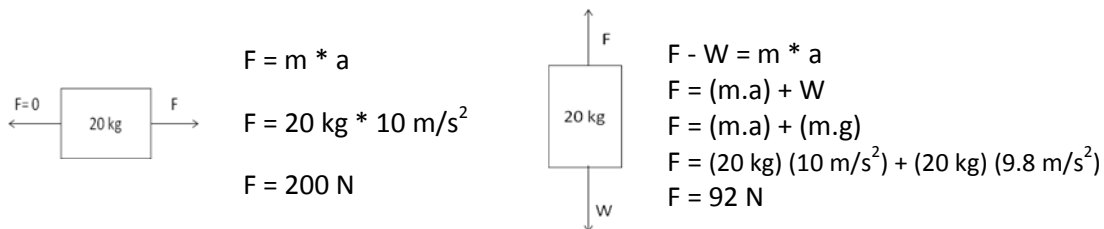
$$F = m * g$$

$$F = 80 \text{ kg} * 58.8 \text{ m/s}^2$$

$$F = 4.704 \text{ N}$$

$$9.8 \text{ m/s}^2 * 6 \text{ veces} = 58.8 \text{ m/s}^2$$

4. Un sistema tiene una masa de 20 kg. Evalúe la fuerza necesaria para acelerar a  $10 \text{ m.s}^{-2}$ ,
- En dirección horizontal, suponiendo ausencia de fricción.
  - En dirección vertical, donde  $g = 9.6 \text{ m.s}^{-2}$



5. Una bomba descarga un líquido a un tanque cúbico de 3 m por lado. El flujo volumétrico es de 300 litros por minuto, y la sustancia tiene una densidad de 1.2 veces la del agua (que equivale a  $1000.0 \text{ kg/m}^3$ ). Determine:
- El flujo másico en kg/seg
  - El tiempo que se tarda en llenar el tanque

$$300 \text{ l/min} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} * \frac{100 \text{ gr}}{1 \text{ l}} * \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ gr}} = 5 \text{ kg/seg}$$

$$\begin{array}{ccc} 300 \text{ lit} & \times & 1 \text{ min} \\ 27.000 \text{ lit} & & X \end{array}$$

$$X = \frac{27.000 \text{ lit/min}}{2300 \text{ lit}} = 90 \text{ min}$$

6. Alguien ha propuesto una nueva escala de temperatura absoluta en la cual los puntos de ebullición y de congelación del agua a la presión atmosférica son de  $500^\circ \text{X}$  y de  $100^\circ \text{X}$ , respectivamente. Obtenga una relación para convertir en esta escala a grados Celsius.

$$\frac{1^\circ \text{C}}{X - 100} = \frac{100}{400}$$

$$4^\circ \text{C} = {}^\circ \text{X} - 100$$

$${}^\circ \text{X} = 4^\circ \text{C} + 100$$

7. ¿Hasta qué altura podrá la presión atmosférica normal sostener una columna vertical de agua?

$$P_a = P \cdot g \cdot h$$

$$h = \frac{P_a}{P \cdot g}$$

$$h = \frac{101.325 \text{ kPa}}{(1000 \text{ kg/m}^3)(9.8 \text{ m/s}^2)}$$

$$h = 10.34 \text{ m}$$

8. Un tanque contiene una mezcla de 20 kg de nitrógeno y de 20 kg de monóxido de carbono. El volumen total del tanque es de  $20 \text{ m}^3$ . Determine la densidad y el volumen específico de la mezcla.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$V = \frac{m}{\rho}$$

$$\rho = \frac{40 \text{ kg}}{20 \text{ m}^3} = 2 \text{ kg/m}^3$$

$$V = \frac{40 \text{ kg}}{2} = 20 \text{ m}^3$$

9. Un automóvil tiene una masa de 1200 kg, y recibe una aceleración de  $7 \text{ m/s}^2$ . Calcule la fuerza requerida para conseguir esta aceleración.

$$F = m \cdot a$$

$$F = 1200 \text{ kg} \cdot 7 \text{ m/s}^2$$

$$F = 8400 \text{ N}$$

10. Un montañista porta un barómetro que indica 101.3 kPa al pie de una montaña, y le mismo aparato señala 85.0 kPa en la cima. La densidad promedio del aire es de  $1.21 \text{ kg/m}^3$ . Determine la altura de la montaña.

$$P_o = \rho \cdot h$$

$$h = \frac{P_o}{\rho} = \frac{P_o}{P \cdot g}$$

$$h = \frac{85000 \text{ N/m}^2}{(1.21 \text{ kg/m}^3)(9.8 \text{ m/s}^2)} = 7168.15 \text{ m}$$

11. Convierta 225 kPa a:  
 a) Atmósferas  
 b) Milímetros de Mercurio

$$225 \text{ kPa} * \frac{1 \text{ atm}}{101.325 \text{ kPa}} = 2.220 \text{ atm}$$

$$2.220 \text{ atm} * \frac{101.090 \text{ Pa}}{1 \text{ atm}} * \frac{1 \text{ mm Hg}}{137 \text{ Pa}} = 1687.63 \text{ mm Hg}$$

12. Un buceador submarino quiere determinar la presión que el agua ejerce sobre su cuerpo luego de haber descendido 35 m hasta un barco hundido. La densidad relativa (o "gravedad específica") del agua del mar es de 1.02 veces la del agua dulce o pura (1000 kg/m<sup>3</sup>). Calcule la presión a dicha profundidad.

$$P_o = \delta \cdot h$$

$$P_o = \rho \cdot g \cdot h$$

$$P_o = (1000 \text{ kg/m}^3 * 1.02)(9.8 \text{ m/s}^2)(35\text{m})$$

$$P_o = 349.860 \text{ Pa}$$

13. Se busca tener una nueva escala de temperatura donde el punto de congelación del agua se de 0° X y el de ebullición, de 1000°X. Deduzca la conversión entre los grados Celsius y los grados X. ¿Cuál sería el cero absoluto en grados X?

$$\frac{tc}{100} = \frac{t^{\circ}X - 0^{\circ}}{1000}$$

$$tc = \frac{t^{\circ}X(100)}{1000} - \frac{(100)(\frac{-0}{1000})}{1000}$$

$$tc = \frac{t^{\circ}X}{10}$$

$$^{\circ}X = tc + (273.15)(10)$$

$$^{\circ}X = 273.15$$

$$tc = X$$

$$tX - 273 = Tx - (273.15)(10)$$

14. Un émbolo cuya masa es de 50 kg, ajusta dentro de un tubo vertical de 20 cm de diámetro, y es llevado sin roce o fricción hacia arriba hasta una altura de 6.1 m. El extremo inferior del tubo se encuentra sumergido en agua y la presión atmosférica es 100 kPa. La aceleración gravitacional vale 9.45 m/s<sup>2</sup>. Determine:

a) La fuerza requerida para sostener el pistón en la marca de 6.1 m

b) La presión del agua sobre la parte inferior del pistón

$$F = m * a$$

$$F = 50 \text{ kg} * 9.45 \text{ m/s}^2$$

$$F = 472.5 \text{ N}$$

$$P_{\text{abs}} = P_o + P_a$$

$$P_{\text{abs}} = P \cdot g \cdot h + P_a$$

$$P_{\text{abs}} = (1000 \text{ kPa})(9.9) + 100 \text{ kPa}$$

$$P_{\text{abs}} = 59.79 \text{ kPa} + 100 \text{ kPa}$$

$$P_{\text{abs}} = 159.79 \text{ kPa}$$

15. El pistón que se muestra en la siguiente figura es sostenida en equilibrio por la presión del gas que fluye a través del tubo. El pistón tiene una masa de 21 kg;  $p_I = 600$  kPa;  $p_{II} = 170$  kPa. Calcule la presión del gas en el tubo,  $p_{III}$

$$P_1 A_1 + P_2 [A_2 - A_1] + m \cdot g$$

$$60000 \text{ N/m}^2 \left( \frac{\pi(0.1\text{m})^2}{4} \right) + 170000 \text{ N/m}^2 \left( \frac{\pi(0.2\text{m})^2 - (0.1\text{m})^2}{4} \right) + 21 \text{ kg} (9.8 \text{ m/s}^2)$$

$$= P_3 \left( \frac{\pi(0.2\text{m})^2}{4} \right)$$

$$4712.389 \text{ N} + 4005.531 \text{ N} + 205.8 \text{ N} = P_3 (0.031\text{m}^2)$$

$$P_3 = 287.862 \text{ kPa}$$

16. Considere el mismo problema anterior, pero con  $p_I = 350$  kPa;  $p_{II} = 130$  kPa;  $p_{III} = 210$  kPa. Determine la masa del pistón.

$$P_1 A_1 + P_2 [A_2 - A_1] + m \cdot g$$

$$350000 \text{ N/m}^2 \left( \frac{\pi(0.1\text{m})^2}{4} \right) + 130000 \text{ N/m}^2 \left( \frac{\pi(0.2\text{m})^2 - (0.1\text{m})^2}{4} \right) + m \cdot g - 210000 \text{ N/m}^2 \left( \frac{\pi(0.2\text{m})^2}{4} \right)$$

$$2748.893 \text{ N} + 3063.053 \text{ N} + m (9.8 \text{ m/s}^2) = 6597.349 \text{ N}$$

$$m = \frac{785.398}{9.8 \text{ m/s}^2} = 80.143 \text{ kg}$$

### CAPITULO 3

1. La masa de una grúa de tipo puente mas su carga es de 100 toneladas métricas (1 tonelada métrica = 1000 kg). Dicha grúa es impulsada por un motor y se desplaza a 1.17 m/s a lo largo de sus rieles. Determine la energía que deben absorber los frenos para detener la grúa.

$$Ec = \frac{1}{2}mv^2 \quad Ec = \frac{1}{2}(100000 \text{ kg}) \left(1.17 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 \quad Ec = 68445 \text{ N}$$

2. Calcule el trabajo requerido para acelerar una unidad de masa entre los siguientes límites de velocidad: (a) de 10m/s a 110 m/s; (b) de 50 m/s a 150 m/s; (c) de 100m/s a 200 m/s.

$$\text{a) } Ec = \frac{1}{2}mv^2 \quad Ec = \frac{1}{2}(1 \text{ kg})[(100 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 - (10 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2] \quad Ec = 6000 \text{ N}$$

$$\text{b) } Ec = \frac{1}{2}(1 \text{ kg})[(150 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 - (50 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2] \quad Ec = 10000 \text{ N}$$

$$\text{c) } Ec = \frac{1}{2}(1 \text{ kg})[(200 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 - (100 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2] \quad Ec = 15000 \text{ N}$$

3. Se desea levantar a cinco personas mediante un elevador, hasta una altura de 100m. Se obtiene que el trabajo realizado vale 341.2 Kj, y se sabe que la aceleración gravitacional es de 9,75 m/s<sup>2</sup>. Determine la masa promedio por persona.

$$Ep = mgh \quad m = \frac{Ep}{gh} \quad m = \frac{341200 \text{ kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{9.75 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} (100\text{m})} = 350 \text{ kg} \quad 350 / 5 \text{ personas} = 70 \text{ personas}$$

4. En el problema anterior, la energía potencial inicial del ascensor era de 68.2 Kj con respecto a la superficie del suelo. ¿A qué altura del piso fue levantadas las cinco personas?

$$Ep = mgh \quad h = \frac{Ep}{mg} \quad h = \frac{68200 \text{ kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{350 \text{ kg} (9.75 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})} = 19.98 \text{ m} \longrightarrow 20 \text{ m}$$

5. Un estudiante observa cómo se hincan los pilotes para una cimentación. Con base en el tamaño del martinete, el estudiante le calcula una masa de 500 Kg. La distancia desde la cual se deja caer el martinete es de 3 m. determine la energía potencial de dicha masa golpeante a su mayor altura (el tope de un pilote se toma como el plano de referencia). Calcule la velocidad de la masa del martinete justo antes del choque contra el tope de un pilote.

$$Ep = mgh \quad Ep = 500 \text{ kg} (9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}) (3 \text{ m}) = 14700 \text{ J} \quad Ep = Ec$$

$$Ec = \frac{1}{2}mv^2 \quad v^2 = \frac{2Ec}{m} \quad v^2 = \frac{2(14700 \text{ J})}{500 \text{ kg}} = 58.8 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \quad v = 7.66 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

6. Un niño (cuya masa es de 25 Kg) se mece en un columpio, en el que las cuerdas que lo sostienen son de 2.3 m de largo. Determine: (a) el cambio de la energía potencial cuando el columpio con el niño va desde 0° con la vertical hasta un ángulo de 45°, también con la vertical; (b) la velocidad cuando el columpio pasa por el punto situado en la vertical.

$$\alpha = \text{Sen. } 45^\circ(h) = (0.7071 \text{ m}) (2.3 \text{ m}) = 1.63 \text{ m} \quad h = (2.3 - 1.63)\text{m} = 0.67 \text{ m}$$

$$a) Ep = mgh \quad Ep = (25 \text{ kg}) \left( 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) (0.67 \text{ m}) = 164.15 \text{ J} \quad Ep = Ec$$

$$b) Ec = \frac{1}{2} m v^2 \quad v^2 = \frac{2Ec}{m} \quad v^2 = \frac{2(164.15 \text{ J})}{25} \quad v = 3.62 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

7. Un sistema de cilindro y embolo contiene aire a una presión de 500 KPa. El movimiento hacia afuera del embolo es resistido por un resorte y una presión atmosférica de 100 KPa. El aire contenido hace desplazar al embolo, y el volumen de aire cambia de  $0.15 \text{ m}^3$  a  $0.60 \text{ m}^3$ . Evalúe el trabajo cuando: (a) la fuerza del resorte es directamente proporcional al desplazamiento; (b) la fuerza del muelle es proporcional a la raíz cuadrada del desplazamiento.

$$a) w \int_1^2 P dv \quad P = c \cdot v \quad c = \frac{P}{v} \quad w = c \int_1^2 v dv \quad w = c \left[ \frac{v^2}{2} \right] = v[(v_2)^2 - (v_1)^2]$$

$$w = \frac{500 \text{ KPa}}{0.15 \text{ m}^3} \left[ \frac{(0.6)^2 - (0.15)^2}{2} \right] = 562.5 \text{ KJ}$$

$$b) w \int_1^2 P dv \quad P = c \sqrt{v} \quad c = \frac{P}{\sqrt{v}} \quad w = c \int_1^2 v^{1/2} dv \quad w = c \left[ \frac{v^{1/2+1}}{\frac{1}{2}+1} \right]^2$$

$$w = c \left( \frac{2}{3} \right) [(v_2)^2 - (v_1)^2] \quad w = \frac{500 \text{ KPa}}{\sqrt{0.15 \text{ m}^3}} \left( \frac{2}{3} \right) [(0.6)^{3/2} - (0.15)^{3/2}] = 350.6 \text{ KJ}$$

8. Un automóvil desarrolla 20KW al desplazarse con una velocidad de 50 Km/h. determine (a) la fuerza propulsora; (b) la resistencia del aire al avance, si este efecto es proporcional a la velocidad elevada al cubo, y el automóvil va a 100 Km/ h.

$$a) \quad P = 20 \text{ Kw} = 20000 \text{ w} \quad v = 50 \frac{\text{Km}}{\text{h}} = 13.8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad P = Fv$$

$$F = \frac{P}{v} = \frac{20000 \text{ w}}{13.98 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 1440 \text{ N}$$

$$b) \quad 20 \text{ Kw} \quad 50 \text{ Kw / h} \quad x = 40 \text{ Kw} \quad v = (100 \text{ Km/h})^3$$

$$F = \frac{P}{v^3} = \frac{40000 \text{ w}}{(27.78 \frac{\text{m}}{\text{s}})^3} = 1.866 \text{ N}$$

x (100 Kw/h)

9. Una esfera solida y elástica de 0.5 m de diámetro contiene un gas que se encuentra a 115 KPa. El calentamiento de la esfera ocasiona un incremento en dicho diámetro hasta 0.62m, y durante este proceso, la presión es proporcional al diámetro de la esfera. Determine el trabajo realizado por el gas.

$$v_2 = \frac{4}{3} \pi r^3 \quad v_2 = \frac{4}{3} (3.14)(0.31 \text{ m})^3 = 0.1247 \text{ m}^3 \quad v_1 = \frac{4}{3} (3.14)(0.25 \text{ m})^3 = 0.0654 \text{ m}^3$$

$$115 \text{ KPa} \quad 0.5 \quad P_2 = \frac{115 \text{ KPa} (0.62 \text{ m})}{0.5 \text{ m}} = 142.6 \text{ KPa} \quad \bar{P} = \frac{P_1 + P_2}{2}$$

$$\bar{P} = \frac{(115 + 142.6) \text{ KPa}}{2} = 128.8 \text{ KPa}$$

X 0.62 m  $\Delta v = 0.0593 \text{ m}^3$   $w = \bar{P} \Delta v$   $w = 128.8 \text{ KPa} (0.0593 \text{ m}^3) = 7.7 \text{ KJ}$

10. Una fuerza,  $F$ , es proporcional a  $x^2$  y tiene un valor de 133 N cuando  $x = 2$ . Determine el trabajo efectuado conforme un objeto se mueve de  $x = 1$  a  $x = 4$ , donde  $x$  esta en metro.

$$F = Kx^2 \quad K = \frac{F}{x^2} = \frac{133N}{4m^2} = 33.25 \frac{N}{m^2} \quad F = w = \int_1^4 F dx \quad w = \int_1^4 Kx^2 dx$$

$$w = K \int_1^4 x^2 dx$$

$$w = 33.25 \frac{N}{m^2} \left[ \frac{x^3}{3} \right]_1^4 \quad w = 33.25 \frac{N}{m^2} \left[ \frac{43}{3} - \frac{13}{3} \right] = 648.25 J$$

11. Un fluido que se encuentra a 700 KPa, con un volumen específico de  $0.25 \text{ m}^3/\text{Kg}$  y una velocidad de 175 m/s, entra en un dispositivo. La perdida de calor en dicho aparato, ocasionada por radiación, es de 23 KJ/Kg. El trabajo realizado por el fluido vale 465 KJ/Kg, y esta sustancia sale a 136 KPa,  $0.94 \text{ m}^3/\text{Kg}$  y 335 m/s. determine el cambio de energía interna.

$$Q + u_1 + Pv_1 + Ec_1 + EP_1 = v_2 + Pv_2 + EP_2 + Ec_2 + w$$

$$\Delta u = Q + Pv_1 + Ec_1 + EP_1 - Pv_2 - EP_2 - Ec_2 - w$$

$$\Delta u = -\frac{23KJ}{Kg} + \left( 700KPa \cdot 0.25 \frac{m^3}{Kg} \right) + \left( \frac{175m/s}{2} \cdot \frac{1kg}{10^3 Kg \cdot m^2/s^2} \right) - \left( 136KPa \cdot 0.94 \frac{m^3}{Kg} \right) - \left( \frac{335m/s}{2} \cdot \frac{1kg}{10^3 Kg \cdot m^2/s^2} \right) - \frac{465KJ}{Kg}$$

$$= -481.64 \frac{kJ}{Kg}$$

13. Una bomba centrifuga comprime 3000 lit/min de agua, de 98 KPa a 300 KPa. Las temperaturas de entrada y de salida son de  $25^\circ\text{C}$ . Así mismo, los tubos de succión y de descarga se encuentran al mismo nivel, pero el diámetro de la tubería es de 15 cm, mientras que el de la tubería de descarga es de 10 cm. Determine en kilowatts el trabajo realizado por la bomba.

$$3000 \text{ Lt/min} = 50 \text{ Kg/s} \quad w = -mv \int_1^2 dp = -mv(P_2 - P_1)$$

$$w = \left( -50 \frac{Kg}{s} \right) \left( \frac{1 Kg}{1000 m^3} \right) (300 - 98) KJ \frac{N}{m^2} = -10.1 Kw$$

15. Una caja aislada térmicamente y de 2 Kg de masa, cae desde un globo aerostático que se encuentra a 3.5 Km del suelo. ¿Cuál es el cambio en la energía interna de la caja después que choca contra la superficie de la tierra?

$$Ep = mgh \quad 3.5 Kg = 3500 m$$

$$Ep = 2 kg \left( 9.8 \frac{m}{s^2} \right) (3500m) = 68.6 KJ$$

$$Q = U + W \quad \Delta U = -W \quad \Delta U = -(-68.6 KJ) = 68.6 KJ$$

16. Un alambre de acero de 4mm de diámetro, hecho de un material cuyo modulo de Young (E) es igual a  $2.067 \times 10^8 \text{ KPa}$ , y que tiene una longitud de 4m, se sujeta gradualmente a una fuerza axial de tensión de 5000N. Determine el trabajo realizado.



$$\Delta l = \frac{FL}{YA} = \frac{(5000 \text{ N})(4 \text{ m})}{(2.067 \times 10^8) 1000 \text{ N/m}^2 (1.26 \times 10^{-8} \text{ m}^2)} = 0.0000768 \text{ m}$$

$$w = F \Delta l = (5000 \text{ N})(0.0000768 \text{ m}) = 3.84 \text{ J}$$

17. Una pompa o una burbuja de jabón, con un radio de 15mm, se forma al soplar por una anilla de alambre de 2.5 de diámetro. Supóngase que se utiliza toda la película de jabón del arco para formar la burbuja. La tensión superficial de la película es de 0.02 N/m; obtenga el trabajo total que se requiere para formar la pompa.

$$w = -T \int_1^2 dA = -T(A_2 - A_1) = -0.02 \frac{\text{N}}{\text{m}} (2.25 - 1.56) 10^{-4} \text{ m}^2 = 1.38 \times 10^{-6} \text{ J}$$

$$A_1 = \frac{\pi(0.025 \text{ m})^2}{4} = 1.56 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \quad A_2 = \frac{\pi(0.020 \text{ m})^2}{4} = 2.25 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

18. un sistema cerrado que contiene un cierto gas, se expande lentamente en el interior de un conjunto de cilindro y embolo, desde 600 KPa y 0.10 m<sup>3</sup>, hasta un volumen final de 0.50 m<sup>3</sup>. Halle el trabajo realizado si la distribución de la presión se encuentra expresada por (a) p = C; (b) pV = C; (c) pV<sup>1.4</sup> = C; (d) P = -300V + 630, donde V esta en metros cúbicos, y p, en kilopascales.

$$\text{a) } w = P \int_1^2 dv \quad w = 600 \text{ KPa} (0.50 - 0.10) \text{ m}^3 = 240 \text{ KJ}$$

$$\text{b) } w = \int_1^2 P dv \quad w = c \int_1^2 \frac{dv}{v} = c \ln \frac{v_2}{v_1}$$

$$w = 120 \frac{\text{KgN}}{\text{m}^2} (0.50 \text{ m}^3) \ln \left( \frac{0.50}{0.10} \right) = 96.6 \text{ KJ}$$

$$\text{c) } P v^{1.4} = c \quad w = \int_1^2 c \frac{dv}{v^{1.4}} = c \int_1^2 v^{-1.4} dv = \frac{c v_2^{-0.4} - c v_1^{-0.4}}{-0.4} = \frac{P_2 v_2^{1.4} (v_2^{-1.4}) - P_1 v_1^{1.4} (v_1^{-1.4})}{1-1.4}$$

$$w = \frac{P_2 v_2 - P_1 v_1}{1-1.4} = \frac{120 \text{ Kg N/m}^2 (0.50 \text{ m}^3) - 600 \text{ Kg N/m}^2 (0.10 \text{ m}^3)}{1-1.4} = \frac{60 \text{ kJ} - 60 \text{ kJ}}{1-1.4} = \frac{0 \text{ KJ}}{0.4} = 0$$

$$\text{d) } P = -300v + 630 \quad w = \int_1^2 (-300v + 630) dv$$

$$w = \int_1^2 -300 dv^2 + \int_1^2 630 dv$$

$$w = -300 \left[ \frac{v_2^2}{2} - \frac{v_1^2}{2} \right] + 630[v_2 - v_1] = -300 \left[ \frac{(0.5)^2 - (0.1)^2}{2} \right] + 630(0.5 - 0.1) = 216 \text{ KJ}$$

19. Un ascensor se encuentra en el trigésimo piso de un edificio de oficinas cuando se rompe un sistema de cable de sostén. El elevador cae verticalmente hasta el piso, donde varios grandes resortes absorben el impacto de la caída del elevador. La masa de este es de 2500 Kg, y se hallaba a 100 m sobre el suelo. Determine: (a) la energía potencial del ascensor antes de la caída; (b) la velocidad y la energía cinética en el instante anterior al impacto; (c) el cambio de la energía potencial elástica en los resortes cuando se comprime totalmente.

$$\text{a) } Ep = mgh = (2500 \text{ Kg}) \left( \frac{9.8 \text{ m}}{\text{s}^2} \right) (100 \text{ m}) = 2450000 \text{ J} = 2450 \text{ KJ}$$

$$b) Ec = \frac{1}{2}mv^2 = 2450000J = \frac{2500Kg v^2}{2} \quad v^2 = \sqrt{\frac{4900000 Kg m/s^2 m}{2500Kg}} = 44.27 m/s^2$$

$$Ec = Ep = \frac{1}{2}(2500Kg)(44.27 m/s^2) = 2449791 J = 2449.8 KJ$$

$$c) \Delta Ep = Ep_o - Ep_f = 2450 KJ - 0 = 2450 KJ$$

20. Un sistema gaseoso cerrado sufre un proceso reversible en el cual se ceden 30 KJ de calor, y su volumen cambia de 0.14 m<sup>3</sup> a 0.55 m<sup>3</sup>. La presión es constante a 150 KPa. Determine: (a) el cambio en la energía interna del sistema; (b) el trabajo realizado.

$$a) \Delta v = v_f - v_o = 0.55 m^3 - 0.14 m^3 = 0.41 m^3$$

$$\Delta u = -30 KJ - 61.5 KJ = -91.5 KJ$$

$$b) w = P \cdot \Delta v = 150000 Pa(0.41 m^3) = 61500 N \cdot m \quad P_1 = P_2 = 150 KPa$$

21. Un fluido entra en un sistema, con intensidad constante de 3.7 Kg/s y con las siguientes condiciones iniciales: presión 690 KPa; densidad 3.2 Kg/m<sup>3</sup>; velocidad 60 m/s y energía interna 2000 KJ/Kg. Sale a p = 172 KPa,  $\rho = 0.64 \text{ cm}^3/\text{g}$ ; v = 160 m/s; y u = 1950 KJ/Kg. La pérdida de calor se calcula en 18.6 KJ/Kg m<sup>3</sup>. Calcule el trabajo en kilowatts.

$$Q + m[u_1 + Pv_1 + Ec_1 + EP_1] = m[v_2 + Pv_2 + EP_2 + Ec_2] + w$$

$$w = Q + m(u_2 - u_1) + P_1v_1 - P_2v_2 + (Ec_2 - Ec_1) + (Ep_2 - Ep_1)$$

$$w = -68.82 kw(3.7 Kg/s) (2000 - 1950) KJ/Kg + (690 KPa)(0.3132 m^3/Kg) - (172 KPa)(1.56 m^3/Kg)$$

$$= -121.08 Kw$$

22. Un cubo de hielo de 32 cm de lado y a 0 °C, se derrite mientras utiliza para enfriar cervezas y refrescos en una playa. El volumen específico del agua líquida a 0 °C, vale 1.094 cm<sup>3</sup>/g. los alrededores, o sea, la atmosfera ¿realizan algún trabajo en el suelo?

R= si porque la atmosfera generalmente esta a 20°C y varia entonces en el volumen especifico.

23. Aire y combustible entra en el hogar de un sistema de calefacción domestica. El aire tiene una entalpia de 302 KJ/Kg, y el combustible, una de 43 027 KJ/Kg. Los gases que salen del hogar tienen una entalpia de 616 KJ/Kg, y tiene 17 Kg de aire por Kg de combustible. El agua calorífica circula por las paredes del hogar, recibiendo calor. La casa calentada requiere un flujo de 17.6 KW de energía térmica. ¿Cuál es el consumo del combustible por día?

$$17 Kg \text{ de aire} \rightarrow \text{entalpia} = 302 KJ/Kg \rightarrow 302 \times 17 = 5134 KJ/Kg$$

$$\Delta h = 43027 KJ/Kg - 5134 KJ/Kg = 37893 KJ/Kg \quad h(g) = 616 KJ/Kg$$

$$h_{comb} - h_{aire} = 37893 KJ/Kg - 616 KJ/Kg = 37277 KJ/Kg$$

$$\text{flujo requerido} = \frac{17.6 \text{ KJ/s}}{37277 \text{ KJ/Kg}} = 0.0004724 \text{ Kg/s} = 40.8 \text{ Kg/dia} = 41 \text{ Kg/dia}$$

24. Un compresor de aire comprime este material, con una entalpia inicial de 6.5 KJ/Kg, hasta una presión y una temperatura que corresponda a una entalpia de 175 KJ/Kg. Una cantidad de 35 KJ/Kg de calor se pierde en el compresor conforme el aire pasa a través de el. Despreciando las energías cinética y potencial. Determine la potencia requerida para el flujo del aire de 0.4 Kg/s.

$$q = \Delta h + w \quad w = -35 \text{ KJ/Kg} - 78.5 \text{ KJ/Kg} = -113 \text{ KJ/Kg}$$

$$w = -113 \text{ KJ/Kg} \times 0.4 \text{ Kg/s} = -4.52 \text{ Kw}$$

## CAPITULO 4

1.- Un tanque de  $2\text{ m}^3$  contiene un vapor saturado a  $40^\circ\text{C}$ . Determine la presión y la masa en el tanque si la sustancia es (a) vapor de agua; (b) amoníaco; (c) R 12.

a)  $p = 7.384 \text{ kPa}$

b)  $p = 1554.33 \text{ kPa}$

c)  $p = 960.7 \text{ kPa}$

$$m = \frac{V}{v} = \frac{2 \text{ m}^3}{19.52 \text{ kg/m}^3}$$

$$m = 0.102 \text{ kg}$$

$$m = \frac{V}{v} = \frac{2 \text{ m}^3}{0.0833 \text{ kg/m}^3}$$

$$m = 24 \text{ kg}$$

$$m = \frac{V}{v} = \frac{2 \text{ m}^3}{0.018171 \text{ kg/m}^3}$$

$$m = 110.06 \text{ kg}$$

1. Determine en el caso R 12, lo siguiente:

(a) H si  $F = 85^\circ\text{C}$  y  $p = 1000 \text{ kPa}$ .

(b) X si  $h = 100 \text{ kJ/kg}$  y  $T = 0^\circ\text{C}$ .

(c) U si  $T = 100^\circ\text{C}$  y  $p = 800 \text{ kPa}$ .

(d) P si  $T = 20^\circ\text{C}$  y  $v = 0.001020 \text{ m}^3/\text{kg}$ .

a)  $h: 80^\circ = 232.739$

$$h: 90^\circ = \frac{240.101}{472.84}$$

$$472.84 \div 2 = 236.42$$

$$Z = 236.42 \rightarrow 85^\circ\text{C sobrecalentado}$$

b)  $h = h + xh_{fg}$

$$x = \frac{h - h_f}{h_{fg}}$$

$$x = \frac{100 - 36.022}{151.376}$$

$$x = 0.4226 \text{ ó } 42.26\%$$

c)  $h = V + pv$

$$V = h - pv$$

$$V = 249.60 - (800 \text{ kPa})(0.029588)$$

$$V = 225.5896 \text{ kJ/kg}$$

d)  $vg = 0.3078$  como  $vg > v$  es vapor saturado como  $vg > v$  no puede estar sobrecalentado y se encuentra en la región II

2. Complete la siguiente tabla para el caso de amoníaco.

	T, °C	P, kPa	X, %	H, kJ/kg	U, kJ/kg	V, m³/kg
(a)	10	614.95	81.4	1225.5	122.38	0.167677
(b)	50	700		1553.4	1404.23	0.2131
(c)	14.88	752.79	80	1217.98	1200.0	0.02388
(d)	12	1000				
(e)	0	424.44	90	1317.26	1205.31	0.260676
(f)	40	1554.3	80	1252.11	1148.07	0.066926

4. Determine el volumen específico ocupado por 2 kg de vapor de agua a  $1000 \text{ kPa}$  y  $500^\circ\text{C}$ .

Vapor de agua sobrecalentado porque la temperatura de  $500^\circ\text{C}$  es mayor que la temperatura de saturación a  $100 \text{ kPa}$  que es  $(179.91)^\circ$

$$v = 0.3541 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Pag. 511 Tabla A 7

$$m = \frac{V}{v} \longrightarrow V = mv \longrightarrow = 2kg (0.3541m^3/kg)$$

$$V = 0.7082m^3$$

5. Complete la tabla siguiente para el caso del agua.

	T, °C	P, kPa	X, %	H, kJ/kg	U, kJ/kg	V, m <sup>3</sup> /kg
(a)	200	1553.8		852.4	50.65	1.15x10 <sup>-3</sup>
(b)	111.37	150	17.46	855.85	1000.0	0.2032
(c)	300	800		3056.5	2797.2	0.3241
(d)	200	5000		853.9	848.1	0.011530
(e)	133.55	300	140.38	3599.01	3384.04	0.8500
(f)	300	8581	80	2467.2	2316.8	0.0176
(g)	179.91	1000	90	2576.56	2401.48	0.17508

6. Una masa de R 12 se encuentra contenida en un cilindro de almacenamiento que tiene un diámetro de 20 cm y una longitud de 120 cm. El peso de R 12 es de 370 N ( $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ ), y su temperatura, de 20°C. Determine (a) la relación entre la masa de vapor y la masa del líquido en el cilindro; (b) la altura de la línea de separación líquido-vapor si el recipiente está en posición vertical.

$$\begin{aligned} \phi &= 20 \text{ cm} \\ L &= 120 \text{ cm} \\ W &= 370 \text{ N} \\ T &= 20^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$W = m \cdot g$$

$$m = \frac{W}{g}$$

$$m = \frac{370 \text{ kg m/seg}^2}{9.8 \text{ m/seg}^2}$$

$$m = 37.7551 \text{ kg}$$

$$m = \frac{V}{v} \rightarrow v = \frac{V}{m}$$

$$v = \frac{0.037699 \text{ m}^3}{37.7551 \text{ kg}}$$

$$v = 9.8 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$V = 1 \alpha^2 h$$

$$V = 0.7854 d^2 h$$

$$V = 0.7854 (0.11 \text{ m})^2 (1.2 \text{ m})$$

$$V = 0.7854 \pi (0.11 \text{ m})^2 (1.2 \text{ m})$$

$$m = \frac{V}{v_f} = \frac{0.027699 \text{ m}^3}{0.000752 \text{ kg/m}^3}$$

$$m = 50.13 \text{ kg}$$

$$m = \frac{V}{v_g} = \frac{0.037699 \text{ m}^3}{0.030780 \text{ kg/m}^3}$$

$$m = 1.22 \text{ kg}$$

7. Una masa de vapor de agua presenta una calidad  $x = 90\%$  a  $T = 200^\circ\text{C}$ . Determine (a) la entalpía, y (b) el volumen específico.

$$\begin{aligned} \text{Vapor de agua} \\ x &= 90\% \\ h &= ? \\ v &= ? \\ T &= 200^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$h = h_f + h_{fg}$$

$$h = 852.45 + (0.90)(1940.7)$$

$$h = 852.45 + 1746.63$$

$$h = 2599.08 \text{ KJ/kg}$$

$$v = v_f + x v_{fg}$$

$$h = 0.001157 + (0.90)(0.126203)$$

$$v = 0.1147397 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$v_{fg} = v_g - v_f$$

$$v_{fg} = 0.12736 - 0.001157$$

$$v_{fg} = 0.126203 \text{ m}^3/\text{kg}$$

8. En un sistema de refrigeración se emplea R 12. El sistema es vaciado totalmente para después ser cargado con el R 12, a una temperatura constante de 20°C. el volumen del sistema es de 0.018m<sup>3</sup>. Halle (a) la presión y la calidad cuando el sistema contiene 0.8 kg de R 12; (b) la masa de R 12 en el sistema cuando la presión es de 200kPa.

$$T = 120^{\circ}\text{C}$$

$$v = 0.018 \text{ m}^3$$

$$\text{a) } p = ?$$

$$x = ?$$

$$m = 0.8 \text{ kg R 12}$$

$$\text{b) } m = ?$$

$$p = 200 \text{ kPa} = 0.2 \text{ MPa}$$

$$v = 0.096418 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$m = \frac{V}{v}$$

$$m = \frac{0.018 \text{ m}^3}{0.096418 \text{ m}^3/\text{kg}}$$

$$m = 0.18 \text{ kg}$$

$$P = 0.5673 \text{ MPa}$$

$$h = 196.935 \text{ KJ/kg}$$

$$\text{a) } h = h_f + x h_{fg}$$

$$x = \frac{h - h_f}{h_{fg}}$$

$$x = \frac{(196.935 \text{ KJ/kg}) - (54.828 \text{ KJ/kg})}{140.812 \text{ kJ/jg}}$$

$$x = 1.009$$

$$x = 100\%$$

9. Un tanque rígido de acero contiene una mezcla de vapor y agua líquida a una temperatura de 65°C. El tanque tiene un volumen de 0.5 m<sup>3</sup>, y la fase de líquido ocupa 30% del volumen. Calcule la cantidad de calor que debe suministrarse al sistema para elevar la presión a 3.5 kPa.

Masa del líquido (tabla A5)

Líquido (m<sup>3</sup>/kg) Vapor (m<sup>3</sup>/kg)

$$v_f = 0.001020 \quad v_g = 6.197$$

$$m = \frac{0.5 \text{ m}^3}{0.001020 \text{ m}^3/\text{kg}} \times 0.3$$

$$m = 147.06 \text{ kg}$$

$$m = \frac{0.5 \text{ m}^3}{6.197 \text{ m}^3/\text{kg}} \times 0.7$$

$$m = 0.0565 \text{ kg}$$

$$X = \%$$

$$m_T = m_2 + m_v$$

$$m_T = 147.06 \text{ kg} + 0.0565 \text{ kg}$$

$$m_T = 147.1165 \text{ kg}$$

$$v_1 = v_f + x v_{fg}$$

$$v_1 = 272.02 + 0.000384 (2191.1)$$

$$v_1 = 272.86 \text{ KJ/kg}$$

$$X = \frac{mv}{mv+m_2} = \frac{0.0565}{147.1165} = 0.000384$$

$$P = 3.5 \text{ MPa}$$

$$vf = 1045.43 \text{ kJ/kg}$$

$$vfg = 1558.3 \text{ KJ/kg}$$

$$v_2 = vf + x vfg$$

$$X = \frac{v_1 - vf}{vg - vf}$$

Tabla A6

$$vf = 0.001235 \text{ kJ/kg}$$

$$vg = 0.05707 \text{ kJ/kg}$$

$$v_1 = \frac{V}{mT}$$

$$v_1 = \frac{0.5}{147.1165} = 0.0034$$

$$X = \frac{v_1 - vf}{vg - vf} = \frac{0.0034 - 0.001235}{0.05707 - 0.001235} = 0.03877 = 0.039$$

$$v_2 = vf + x vfg$$

$$v_2 = 1045.43 + 0.039 (1558.3) = 1106.2 \text{ kJ/kg}$$

$$Q_2 = mT (v_2 - v_1)$$

$$Q_2 = 147.1165 (1106.2 - 272.86) = 122598 \text{ KJ}$$

10. A un compresor isotérmico entra vapor de agua a 400°C y 100.0 kPa. La presión de salida es de 10 MPa; determine el cambio de entalpía.

a. DATOS

b.  $Q=0$

Valores en la tabla:

$T=C$

c.  $T=400^\circ\text{C}$

$h_1=3263.9\text{KJ/Kg}$

$$W=p_1.v_1\ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right)$$

d.  $P=1000 \text{ KPA}$

$h_2=2724.7\text{KJ/Kg}$

$$V_1 = \frac{RT_1}{P_1} = \frac{0.4615 \times 623}{1000 \text{ KPA}}$$

e.  $P_{\text{salida}}=10 \text{ MPA}$

$$V_1=0.3106\text{m}^3/\text{Kg}$$

$$f. W=1000\text{kpa} \times 0.3106 \ln\left(\frac{10000\text{kpa}}{1000\text{kpa}}\right) \quad \Delta h=h_2-h_1$$

$$g. W=715.2\text{KJ/Kg}$$

$$\Delta h=2724.7-3263.9$$

$$a. \Delta h=-181.7\text{KJ/Kg}$$

11. A una turbina adiabática entra vapor de agua a 300°C y 400kPa, y sale en forma de vapor saturado a 30 kPa. Determine (a) el cambio de entalpía; (b) el trabajo realizado; (c) el cambio de entalpía interna.

a. Vapor de agua

Vapor saturado

b.  $T=300^\circ\text{C}$

$P=30\text{KPA}$

c.  $P=100\text{KPA}$

$h_2=2625.3\text{KJ/Kg}$

- d.  $H1=3066.8\text{KJ/Kg}$
- e.  $U1=2804.8\text{KJ/Kg}$
- f.  $\Delta h=h2-h1$
- g.  $\Delta h=2625.3-3066.8$
- h.  $\Delta h=-441.5\text{KJ/Kg}$

$$U2=2468.4\text{KJ/Kg}$$

$$\Delta U=U2-U1$$

$$\Delta U=2468.4-2804.8$$

$$\Delta U=-336.4\text{KJ/Kg}$$

12. Un tanque de  $0.5\text{ m}^3$  contiene vapor saturado a 300 kPa, y se le transfiere calor hasta que la presión alcanza 100 kPa. Determine (a) la cantidad de calor transmitido; (b) la temperatura final; (c) el cambio de energía interna.

1. Datos:

$$V=0.5\text{m}^3$$

$$U1=2543.6\text{KJ/Kg}$$

$$\text{i. } U2=2506.1\text{KJ/Kg}$$

$$\text{ii. } P1=300\text{KPA}$$

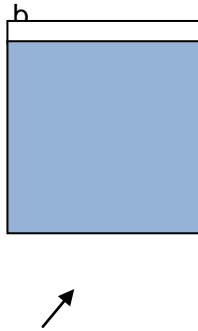
$$\text{iii. } P2=100\text{KPA}$$

$$\text{iv. } T1=133.55^\circ\text{C}$$

$$\text{v. } T2=?$$

$$\text{vi. } Q=?$$

$$\text{vii. } \Delta U=?$$



$$13. \quad W+U=Q+U2$$

$$\text{i. } Q=U2-U1$$

$$\text{ii. } Q=2543,6-2506,1$$

$$\text{iii. } Q=37,5\text{KJ/Kg}$$

$$\text{b) } T=99,63^\circ\text{C}(\text{tabla A6 pag.506})$$

$$\text{c) } Q=\Delta U$$

$$\Delta U=-37,5\text{KJ/Kg}$$

14. Un tanque de 500 litros contiene una mezcla saturada de vapor y agua líquida a  $300^\circ\text{C}$ . Determine (a) la masa de cada fase si sus volúmenes son iguales; (b) el volumen que cada fase ocupa, si sus masas son iguales.

$$\text{a. } 5\text{L}=0,5\text{m}^3 \rightarrow \frac{0.5}{2}=0.25\text{m}^3$$

$$\text{b. } m=\frac{V}{v}$$

$$15. \quad mv=\frac{0.25\text{m}^3}{0.02167\text{m}^3/\text{kg}} = 11.52\text{kg}$$

$$\text{a. } mL=\frac{0.25\text{m}^3}{0.001404\text{m}^3/\text{kg}} = 178.06\text{kg}$$

$$\text{a. } 11,53\text{kg}+178,06\text{kg}=189,59\text{kg}$$

$$\text{b. } 189.59\text{kg} \text{ — } 100\%$$

$$\text{c. } 178.06\text{kg} \text{ — } x$$

$$\text{i. } X=93.918\%$$

$$16. \quad V1=\frac{93,918\% \times 0.5\text{m}^3}{100\%} = 0.4696\text{m}^3$$



17. Una mezcla de 1 kg de vapor y agua líquida a 1.0 MPa, está contenida en un tanque indeformable. Se suministra calor hasta que la presión asciende a 400°C. Evalúe el calor recibido.

- a. DATOS
- b.  $M=1\text{kg}$   $Q=m(h_2-h_1)$
- c.  $P=1.0\text{MPa}$   $Q=1\text{Kg}(3263.9-2778.1)$
- d.  $T=400^\circ\text{C}$   $Q=485.8\text{KJ.}$
- e.  $H_1=2778.1\text{KJ/Kg}$
- f.  $H_2=3263\text{KJ/Kg}$

18. Un recipiente rígido contiene 5 kg de vapor saturado húmedo a 0.4 MPa. Después de agregar 9585 kJ de calor, el vapor presenta una presión de 2.0 MPa y una temperatura de 708°C. Determine la energía interna y el volumen específico iniciales del vapor.

- a. DATOS
- b.  $m=5\text{kg}$   $Q=\Delta U+W$
- c.  $P_1=0.4\text{mpa}$   $Q=U_2-U_1$
- d.  $T=700^\circ\text{C}$   $U_1=U_2-Q$
- e.  $P_2=10\text{mpa}$   $U_1=3470.9-1917$
- i.  $U_1=1553.9$

f.  $q = \frac{Q}{m}$   
 $\frac{9585\text{kJ}}{5\text{kg}}$

g.  $q = 1917\text{kJ/kg}$

h.  $q = 1917\text{kJ/kg}$

i. En la tabla A7 se busca el volumen inicial del vapor a 700°C=0.2232 y a 800°C=0.4625.

19. Un flujo de amoniaco de 2 kg/min, y que se halla a 800 kPa y 70°C, es condensado a presión constante, a la forma de líquido saturado. No hay cambios en las energías cinética y potencial a través del dispositivo. Halle (a) el calor; (b) el trabajo; (c) el cambio de volumen; (d) el cambio de energía interna.

- a.  $W=Pv$
- b.  $W=800\text{kpa} \cdot 0.1991\text{m}^3$
- c.  $W=15.928\text{kJ/kg}$
- d.  $Q=m \cdot h$
- e.  $Q=0.033 \cdot 1598.6$
- f.  $Q=52.75\text{kw}$

20. Se desean 400 lit. /min de agua a 80°C. Puede disponerse de agua fría a 10°C, y de vapor saturado seco a 200 kPa (man.) que deberán mezclarse directamente. Calcule (a) las intensidades de flujo requeridas de vapor y agua; (b) el diámetro de la tubería, si la velocidad no ha de exceder de 2 m/

21.  $400\text{L/min} \times 1\text{kg/1L} \times 1\text{min}/60\text{s} = 6.66\text{Kg/s}$

22.  $6.66\text{kg/s}$   $80^\circ\text{C}$

23.  $\text{---} X$   $10^\circ\text{C}$

a.  $X=0.8325\text{kg/s}$

24.  $\text{---} 80^\circ\text{C}$   $47.39\text{kpa}$

$6.66\text{kg/s}$   $\text{---}$

$200\text{kpa}$

$\text{---} X$

$47.39\text{kpa}$

$X=1.578\text{kg/s}$

25. Vapor de agua condensada a 1.75 MPa, sale de la trampa de un cambiador de calor, y fluye a 3.8 kg/s hacia un tanque adyacente de "flasheo" (o evaporación por reducción o presión). Parte del condensado se convierte en vapor a 175 kPa, y el líquido restante se bombea de vuelta a la caldera. No se produce subenfriamiento. Determine (a) el condensado que regresa a 175 kPa; (b) el vapor producido a 175 kPa.

- |    |                  |                |
|----|------------------|----------------|
| a. | TABLA A6(508)    | TABLA A6 (506) |
| b. | P1=1,25mpa       | P2=175kpa      |
| c. | M=3.8kg          | hf2=486.99     |
| d. | Vapor condensado | hfg2=2213.6    |
| e. | Hfl=878.5        | hg2=2700.6     |
| f. | Hfgl=1917.9      |                |

g.  $H_{gl}=2796.9$

$$x = \frac{m_{vapor}}{m_{total}}$$

i.  $x = \frac{878.5 - 486.99}{2213.6}$

h.  $H = h_f + x h_{fg}$   $x = 0.1769$

i.  $H_{f1} = h_{f2} + x h_{fg2}$

j.  $M_{vapor} = (0.1764)(3.8 \text{ kg/s}) = 0.6721 \text{ kg/s}$

- k.  $M_{hg} = m_{total} - m_{vapor}$
- l.  $M_{hg} = 3.8 - 0.6721$
- m.  $M_{hg} = 3.128 \text{ kg/s}$

26. Un proceso químico requiere 2000 kg/h de agua caliente a 85°C y 150 kPa. Se dispone de vapor a 600 kPa y con una calidad de 90%, y de agua a 600 kPa y 20°C. el vapor y el agua se mezclan en una cámara adiabática, de donde sale el agua caliente. Evalúe (a) la intensidad de flujo de vapor; (b) el diámetro de la tubería de vapor si la velocidad no debe exceder de 70 m/s.

- |    |  |  |
|----|--|--|
| a. | $M = 0.556 \text{ kg/s}$                       | $m_v = \frac{0.556 * 4.18 * 85}{1.8646 * 73.85}$ |
| b. | $C = 4.18 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$        | $m_v = 1.43 \text{ kg/s}$                        |
| c. | $C_{pv} = 1.8646 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$ |  |

d.  $D = \sqrt{\frac{4.18 * 1.43 * 0.3152}{3.1416 * 70}}$

e.  $D = \sqrt{\frac{1.81}{219.9}}$

f.  $D = 0.0907 \text{ m}$

27. La turbina principal de un barco se alimenta con vapor producido por dos calderas o generadores de vapor. Uno de ellos lo envía a 6.0 MPa y 500°C, y el otro a 6.0 MPa y 550°C. Determine la y la temperatura del vapor a la entrada a la turbina.

$$\begin{aligned}
 & a. \quad H=? \quad Q=m \cdot c_p \cdot \Delta t \\
 & b. \quad T=? \quad \dot{m} \cdot c_p (t_1 - t_x) = \dot{m} \cdot c_p (t_x - t_2) \\
 & i. \quad T_1 + t_2 = 2t_x \\
 & b. \quad (500 + 550) = 2t_x \\
 & i. \quad T_x = 525^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c. \quad H_1 &= 3422.2 \text{ kJ/kg} & h_{\text{promedio}} &= \frac{3422.2 + 3540}{2} \\
 d. \quad H_2 &= 3540 \text{ kJ/kg} & h_p &= 3481.1 \text{ kJ/kg}
 \end{aligned}$$

28. Una bomba adiabática de alimentación, en un ciclo de vapor, envía agua al generador de vapor a una temperatura de  $200^\circ\text{C}$  y a una presión de 10 MPa. El agua entra a la bomba como líquido saturado a  $180^\circ\text{C}$ . La potencia suministrada a dicha maquina es de 75 Kw. Determine (a) el flujo de masa, y (b) el flujo de volumen, a la salida de la bomba; (c) el porcentaje de error si las condiciones de salida se supone que son las de un líquido saturado que se encuentra  $200^\circ\text{C}$ .

$$\begin{aligned}
 & a. \quad T = 200^\circ\text{C} & w &= Q & h_1 &= 2778.2 \text{ kJ/kg} \\
 & b. \quad P = 10 \text{ mpa} & w &= m (h_2 - h_1) & h_2 &= 2879.5 \text{ kJ/kg} \\
 & c. \quad T_2 = 189^\circ\text{C} \\
 & d. \quad W = 75 \text{ kw} & m &= \frac{W}{h_2 - h_1} \\
 & 29. \quad M = ? \\
 & 30. \quad Q = ? & m &= \frac{75 \text{ kw}}{2879.5 \text{ kJ/kg} - 2778.2 \text{ kJ/kg}} \\
 & a. \quad M = 0.74 \text{ kg/s}
 \end{aligned}$$

31. Un tanque rígido adiabático tiene dos secciones iguales de 50 litros, separados por una partición. La primera sección contiene vapor de agua 2.0 MPa y calidad de 95%. La segunda sección contiene vapor a 3.5 MPa y  $350^\circ\text{C}$ . Halle la temperatura y la presión de equilibrio cuando se retira la partición o pared divisoria.

$$\begin{aligned}
 & a. \quad H_{f1} = 908.79 \text{ kJ/kg} & h_2 &= 3104 \text{ kJ/kg} \\
 & b. \quad H_{fg1} = 1890.7 & U_2 &= 2835.3 \text{ kJ/kg} \\
 & c. \quad U_{f1} = 406.99 & V_2 &= 0.07678 \text{ m}^3 \\
 & d. \quad U_{fg1} = 1693.8 \\
 & e. \quad H_1 = h_{f1} + x \cdot h_{fg} & U_1 &= u_{f1} + x \cdot u_{fg} \\
 & f. \quad H_1 = 908.79 + (0.95)(1890.7) & U_1 &= 906.44 + (0.95)(1693.8) \\
 & g. \quad H_1 = 2704.955 \text{ kJ/kg} & U_1 &= 2515.55 \text{ kJ/kg} \\
 & h. \quad V_{f1} = 0.001177 & V_1 &= V_f + x \cdot V_{fg} \\
 & i. \quad V_{g1} = 0.09963 & V_1 &= 0.001177 + (0.95)(0.098453) \\
 & j. \quad V_{fg} = V_g - V_f = 0.098453 & V_1 &= 0.09470 \text{ m}^3 \\
 & k. \quad M_v = \frac{V_2}{v_2} & h_m &= \frac{h_1 + h_2}{2} \\
 & l. \quad M_v = 0.65121 \text{ kg} & h_m &= 2904.477 \text{ kJ/kg} \\
 & m. \quad m_L = \frac{V_L}{v_L} \\
 & n. \quad m_L = 0.528 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

32. Un calorímetro de estrangulación se conecta a una tubería de vapor de agua donde la temperatura del mismo es de 210°C. En el calorímetro, la presión es de 100 kPa, y la temperatura, de 125°C. Determine la calidad del vapor por medio de las tablas de vapor.

- a.  $P=100\text{kPa}$  sobrecalentado  
 b.  $T=125^\circ\text{C}$  99.63°C estado1  $h_1=h_2$   
 c. Interpolando  $h_1=h_2=h_f+x\cdot h_{fg}$   
 d.  $100^\circ\text{C}$   $h=2676.2$   $2726.3=897.76+ x (1900.7)$   

$$\frac{2726.3-897.76}{1900.76}$$
  
 e.  $150^\circ\text{C}$   $h=2776.4$   $X=0.962=96.2\%$   
 f.  $2776.4-2676.2=100.2/50$   
 1.  $=2.004$   
 g.  $T=210^\circ\text{C}$   
 h.  $h_f=897.76$   
 i.  $h_{fg}=1900.7$   $H_g=2798.5$

33. Un calorímetro estrangulador se encuentra conectado a una tubería principal de vapor, donde la presión es de 1750 kPa. La presión en el calorímetro es de 100mm Hg (vacío) y la temperatura de 105°C. Determine la calidad del vapor de agua.

- a. 100mm de hg=0.1m de hg  $h_f=878.5\text{kJ/kg}$   
 b.  $P=c\cdot g\cdot h$   $h_{fg}=1917.9\text{kJ/kg}$   
 c.  $P=13600\text{kg/m}^3\cdot 9.8\text{m/s}^2\cdot 0.1\text{m}$   
 d.  $P=13.33\text{kPa}$

1. 
$$X = \frac{h_2 - h_f}{h_{fg}}$$
  
 a. 
$$X = \frac{2688 - 878.5}{1917.9}$$
  
 b.  $X = 0.9435 = 94.3\%$

34. Un conjunto de cilindro y pistón, que contiene vapor de agua a 700 kPa y 250°C, experimenta un proceso a presión constante hasta que su calidad es de 70%. Determine, por kilogramo: (a) el trabajo realizado; (b) el calor transmitido; (c) el cambio de energía interna; (d) el cambio de entalpía.

- a.  $P=700\text{kPa}$   $h_1=2763.5$   
 b.  $T=250^\circ\text{C}$   $h_2=2761.1$   
 c.  $X=0.7$   $U_1=2572.5$   
 d.  $P=CT$   $U_2=2576.8$   
 e. a)  $W=?$   $\Delta h=h_2-h_1$   
 f. b)  $q=?$   $\Delta h=2761.1-2763.5$   
 g. c)  $\Delta U=?$   $\Delta h=6.6$   
 35.  $\Delta h=?$   
 i.  $\Delta u=u_2-u_1$   
 ii.  $\Delta u=2576.3-2572.5$   
 iii.  $\Delta u=4.3$

36. A un calorímetro eléctrico llega una muestra de vapor de agua con una presión de 0.175 MPa en la tubería. El calorímetro suministra 200 W de electricidad al vapor extraído,

con lo que se obtiene una presión resultante de 100 kPa, para una temperatura de 140°C y un flujo de 11 kg/h. Obtenga la calidad del vapor en la tubería.

i.  $H_f = 486.99 \text{ kJ/kg}$

b.  $200 \text{ W} \rightarrow 0.20 \text{ KW}$

$h_{fg} = 2213.6 \text{ kJ/kg}$

c. Vapor sobrecalentado 100 kPa  $\rightarrow$  0.1 mPa

$h_1 = \frac{0.2 \text{ kw}}{0.00305 \text{ kg/kg}}$

$h_1 = 65.57 \text{ kJ/kg}$

d.  $T = 140^\circ \text{C}$

e.  $H_2 = 2756.36 \text{ kJ/kg}$

f. Intensidad de flujo 11 kg/h  $\rightarrow$  0.00305 kg/s

g. Presión de la tubería 0.175 mPa

h.  $H = h_2 - h_1 = 2756.36 - 65.57 = 2690.79 \text{ kJ/kg}$

i.  $X = 0.9956$

j.  $H = h_f + x \cdot h_{fg}$

k.  $H = 486.99 + 0.9956 \cdot 2213.6$

l.  $H = 2690.85 \text{ kJ/kg}$

## CAPITULO 5

1. Un gas desconocido tiene una masa de 1.5 Kg y ocupa 2.5 m<sup>3</sup> de volumen, mientras se halla a una temperatura de 300 K y su presión es de 200 kPa. Determine la constante de gas ideal para este gas.

DATOS:

$$P = 200 \text{ KPa}$$

$$v = 2.5 \text{ m}^3$$

$$m = 1.5 \text{ Kg}$$

$$T = 300 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$Pv = mRT$$

$$R = \frac{Pv}{mT} = 200 \frac{\text{KN/m}^2}{1.5 \text{ Kg } 300 \text{ K}} \times 2.5 \text{ m}^3 = 1.11 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

2. Un automovilista equipa los neumáticos de su vehículo con un válvula de seguridad, de manera que la presión interior nunca exceda de 240 kPa (man.). Inicia un viaje con una presión de 200 kPa (man.) y una temperatura de 23 °C en el aire de los neumáticos. Durante el prolongado viaje la temperatura de los neumáticos alcanza 83 °C. cada unos de ellos contiene 0.11 Kg de aire. Determine (a) la masa de aire que escapa de cada neumático; (b) la presión de los neumáticos cuando la temperatura vuelve a 23 °C.

DATOS:

$$P_0 = 200 \text{ KPa}$$

$$T_0 = 23^\circ\text{C}$$

$$R = 0.287 \text{ KJ/Kg} \cdot \text{K}$$

$$v = ?$$

$$m = 0.11 \text{ Kg aire}$$

$$T_f = 83^\circ\text{C} + 273 = 356 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$v_0 = \frac{mRT}{P_0} = \frac{0.11 \text{ Kg} \times 0.287 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \times 296 \text{ K}}{200 \text{ KPa}} = 0.04672 \text{ m}^3$$

$$m_f = \frac{P_f V_0}{RT} = \frac{240 \text{ KPa} \times 0.04672 \text{ m}^3}{0.287 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \times 356 \text{ K}} = 0.1097$$

$$V_0 = V_f$$

3. Un tanque con capacidad de 6m<sup>3</sup> contiene helio a 400 K, y deja escapar gas desde una presión igual

la atmosférica hasta una presión de 740 mm Hg (vacío), Determine (a) la masa de helio que permanece en el tanque; (b) la masa de helio que se extrajo. (c) La temperatura del helio restante cae a 10° C; ¿cuál es su presión en kPa?

DATOS:

$$P_0 = 760 \text{ mmHg}$$

$$v_0 = 6 \text{ m}^3$$

$$R = 2.077 \text{ KJ/Kg} \cdot \text{K}$$

$$m = ?$$

$$T = 400 \text{ K}$$

$$P_f = 760 \text{ mmHg} \quad 98.6 \text{ KPa} \rightarrow$$

$$m_1 = \frac{PV}{RT} = \frac{101.3 \text{ KPa} \times 6 \text{ m}^3}{2.077 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \times 400 \text{ K}} = 0.7316 \text{ Kg}$$

$$a) \quad m_0 = \frac{P_f V_0}{RT} =$$

$$\frac{90.6 \text{ Kpa} \cdot 6 \text{ m}^3}{2.0777 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \cdot \text{k} \cdot 400 \text{ K}} = 0.7120 \text{ Kg}$$

b)  $m_f = m_0 - m_i$   
 $m_f = 0.0196 \text{ Kg}$

c)  $P = \frac{mRT}{v} =$   
 $\frac{00.0193 \text{ Kg} \cdot 2.077 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \cdot 283 \text{ K}}{6 \text{ m}^3} = 1.89 \text{ kP}$

4. Una masa de 1.5 kg de etano es enfriada de 170° C a 65 °C, a presión constante. Obtenga (a) el cambio de entalpia; (b) el cambio de energía interna: (e) el calor transferido; (d) el trabajo realizado.

DATOS:  
 $C_v = 1.4761$   
 $C_p = 1.752$   
 $R = 0.2765 \text{ KJ/Kg} \cdot \text{K}$

$$\Delta u = C_v (T_2 - T_1) m$$

$$\Delta u = 1.4761 (338 - 443) 1.5 \text{ Kg} = -232.5 \text{ KJ}$$

$$\Delta H = C_p (T_2 - T_1) m$$

$$\Delta H = 1.752 (-105 \text{ K})(1.5 \text{ Kg}) = -276 \text{ KJ}$$

$$W = P \Delta v$$

$$W = P v_2 - P v_1$$

$$W = mRT_2 - mRT_1$$

$$W = mR (T_2 - T_1)$$

$$W = 1.5 \text{ Kg} (0.2765 \text{ KJ/Kg} \cdot \text{K}) (-105 \text{ K}) = -43.55 \text{ KJ}$$

$$q = \Delta h$$

$$Q = \Delta H$$

$$Q = -276 \text{ KJ}$$

5. Un tanque de 5 m<sup>3</sup> de capacidad contiene cloro a 300 kPa y 300 K, después de que se han utilizado 3 kg de ese gas. Determine la masa y la presión originales si la temperatura inicial era de 315 K.

DATOS:  
 $m_0 = ?$   
 $P_0 = ?$   
 $T_0 = 315 \text{ K}$   
 $P_1 = 300 \text{ KPa}$   
 $T_1 = 300 \text{ K}$   
 $v = 5 \text{ m}^3$   
 $R = 0.1172 \text{ KJ/Kg} \cdot \text{K}$

$$m_i = \frac{P_f \cdot V_0}{RT} = \frac{300 \text{ Kpa} \cdot 5 \text{ m}^3}{0.1172 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \cdot \text{k} \cdot 300 \text{ K}} = 42.66 \text{ Kg}$$

d)  $P = \frac{mRT}{v} = \frac{42.66 \text{ Kg} \cdot 0.1172 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \cdot 315 \text{ K}}{5 \text{ m}^3} = 337.1 \text{ kPa}$

6. Dióxido de carbono a 25°C y 101.3 kPa tiene una densidad de 1.799 kg/m<sup>3</sup>. Evalúe (a) la constante de gas; (b) el peso molecular basado en la constante de gas.

$$R = \frac{Pv}{Tm}$$

$$R = \frac{Pv}{Td} = \frac{101.3 \text{ KPa}}{298 \text{ K} \left( \frac{1.799 \text{ Kg}}{\text{m}^3} \right)} = 0.18895$$

$$\dot{R} = mR$$

$$m = \frac{\dot{R}}{R} = \frac{8.3143}{0.1889} = 44.01 \text{ Kg/Kgmol}$$

7. Dado que una masa de monóxido de carbono presenta una temperatura de 500 K y un volumen específico de 0.4 m<sup>3</sup>/kg, calcule la presión recurriendo a la ecuación de estado de Van der Waals y la ecuación de estado del gas ideal.

DATOS:

$$C_0 = 28.01 \text{ M}$$

$$\frac{M_v}{\bar{v}} = \frac{28.01 \text{ mol}}{11.2 \text{ m}^3/\text{Kg}} \quad * \quad 0.4 \text{ m}^3/\text{Kg} =$$

$$P = \frac{\dot{R}T}{\bar{v} - b} - \frac{a}{\bar{v}^2} =$$

$$P = \frac{(8.3143)(500)}{(11.2) - (0.0394)} - \frac{141.3}{(11.2)^2} = 371.32 \text{ KPa}$$

$$Pv = RT$$

$$P = \frac{0.2968 * 500}{0.4} = 371 \text{ KPa}$$

8. Determine el volumen específico de helio a 200 kPa y 300 K usando la ecuación de Van der Waals y la ecuación de estado del gas ideal.

DATOS:

$$R = 2.077$$

$$M = 4.003$$

$$v = (\bar{v} - b)$$

$$P = \frac{\dot{R}T}{\bar{v}}$$

$$v = \frac{RT}{P}$$

$$Pv = mRT$$

$$P = \frac{\dot{R}T}{\bar{v} - b} - \frac{a}{\bar{v}^2}$$

$$V = \frac{RT}{P} = \frac{2.077(300)}{200} = 3.11 \text{ m}^3/\text{Kg}$$

$$P = \left( P + \frac{a}{v^2} \right)$$

$$v = \frac{8.3143(300)}{200} = 12.47 \text{ m}^3/\text{Kgmol}$$

$$v = 12.471 - 0.0234 = 12.44$$

$$v = vM$$

$$v = \frac{v}{M} = \frac{12.488}{4.003} = 3.1097 \text{ m}^3/\text{Kg}$$



9. Se supone que el helio obedece la ecuación de estado de Beattie y Bridgeman. Halle la presión en el caso de una temperatura de 500° C y un volumen específico de 5.2 m³/kg. Compare con la ecuación de estado de los gases ideales.

$$A = A_0 (1 - a/v)$$

$$B = B_0 (1 - b/v)$$

$$P = \frac{RT}{v^2} (1 - \epsilon) (v + B) - \frac{A}{v^2}$$

$$\epsilon = \frac{c}{v T^3}$$

$$A_0 = 2.1886$$

$$B_0 = 0.01400$$

$$a = 0.05984$$

$$b = 0.0$$

$$c = 0.0040 \times 10^{-4}$$

$$A = (2.1886) \{1 - (0.05984)/5.2 \text{ m}^3/\text{Kg}\} = 2.1634$$

$$B = (0.014) \{1 - (0)/5.2 \text{ m}^3/\text{Kg}\} = 0.014$$

$$\epsilon = \frac{(0.0040 \times 10^{-4})}{(5.2 \text{ m}^3/\text{Kg}) (773 \text{ K})^3} = 1.665 \times 10^{-16}$$

$$P = \frac{(8.3143)(773)(1 - 1.665 \times 10^{-16})}{(5.2 \text{ m}^3/\text{Kg})^2} (5.2 + 0.014) - \frac{2.1634}{(5.2)^2} = 308.75 \text{ KPa}$$

10. Dada una expresión de 500 kPa y una temperatura de 500 K para el dióxido de carbono, calcule el volumen específico por medio de las ecuaciones de Beattie y Bridgeman, y la de los gases ideales.

DATOS:

$$P = 500 \text{ KPa}$$

$$T = 500 \text{ K}$$

$$v = \frac{RT}{P} = \frac{0.1889(500)}{500} = 0.1889 \text{ m}^3/\text{Kg}$$

11. Calcule el volumen específico de los gases siguientes utilizando el diagrama de compresibilidad generalizado:

(a) Alcohol metílico a 6000 kPa y 600 K.

(b) Dióxido de carbono a 15 MPa y 300°C.

(c) Helio a 500 kPa y 60°C.

12. Existe aire a 38°C y 4200 kPa. Calcule el volumen específico empleando la ley del gas ideal y la ecuación de Van der Waals.

$$v = \frac{RT}{P} = \frac{0.287(311)}{4200} = 0.0213 \text{ m}^3/\text{Kg}$$

.

13. Para un gas ideal particular, el valor de  $R$  es 0.280 kJ/kg·K. y el valor de  $k$  es 1.375. Determine los valores de  $c_p$  y  $c_v$ .

DATOS:

$$C_p = 1.1 \text{ KJ/Kg}^{\circ}\text{K}$$

$$K = 1.3 \text{ KJ/Kg}^{\circ}\text{K}$$

$$K = \frac{C_p}{C_v}$$

$$C_v = \frac{C_p}{K} = \frac{1.1 \text{ KJ/Kg}^{\circ}\text{K}}{1.3 \text{ KJ/Kg}^{\circ}\text{K}} = 0.846 \text{ KJ/Kg}^{\circ}\text{K}$$

$$R = 1.1 \text{ KJ/Kg}^{\circ}\text{K} - 0.846 \text{ KJ/Kg}^{\circ}\text{K}$$

$$R = 0.2539 \text{ KJ/Kg}^{\circ}\text{K}$$

$$\bar{R} = MR$$

$$M = \frac{\bar{R}}{R} = \frac{8.3143 \text{ KJ/Kg}^{\circ}\text{K}}{0.2539 \text{ KJ/Kg}^{\circ}\text{K}} = 32.75 \text{ Kg/Kgmol}$$

14. Para un cierto gas ideal,  $R = 0.270 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{K}$  y  $k = 1.25$ . Calcule (a)  $c_p$ ; (b)  $c_v$ ; (c)  $M$ .

$$a) \quad C_v = \frac{R}{(K-1)} = \frac{0.270 \text{ KJ/Kg}^{\circ}\text{K}}{0.25 \text{ KJ/Kg}^{\circ}\text{K}} = 1.08$$

$$b) \quad C_p = K C_v = 1.08(1.25) = 1.35$$

$$M = \frac{\bar{R}}{R} = \frac{8.3143}{0.27} = 30.7 \text{ mol}$$

15. En el caso de cierto gas ideal,  $c_p = 1.1 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{K}$  y  $k = 1.3$ . Calcule (a)  $M$ ; (b)  $R$ ; (c)  $c_v$

$$C_v = \frac{C_p}{K} = \frac{1.1 \text{ KJ/Kg}^{\circ}\text{K}}{1.1 \text{ KJ/Kg}^{\circ}\text{K}} = 0.846$$

$$M = \frac{\bar{R}}{R} = \frac{8.3143}{0.255} = 32.6 \text{ mol}$$

$$R = (K - 1) C_v$$

$$R = (1.3 - 1) (0.846) = 0.255$$

16. Una masa de 5 kg de oxígeno se calienta de 250 K a 400 K a presión constante. Calcule (a) el cambio de entalpía; (b) el cambio de energía interna; (c) el calor suministrado; (d) el trabajo realizado.

$$a) \quad \Delta H = m C_p \Delta T$$

$$\Delta H = 5 \text{ Kg} (0.9185)(150) = 688.87$$

$$b) \quad \Delta u = m C_v \Delta T$$

$$\Delta u = 5 \text{ Kg} (0.6585)(150) = 493.8$$

$$c) \quad Q = \Delta h = 688.87$$

$$d) \quad W = \Delta u = 493.8$$

17. El calor específico del dióxido de carbono puede encontrarse en la Tabla 5.4 como una función de la temperatura. Calcule el cambio de entalpía del gas citado cuando su temperatura se eleva de 325 K a 1100 K. Compare este valor con el obtenido para el calor específico constante que se encontró en la Tabla A.1.

$$\Delta h = C_p \Delta T$$

$$\Delta h = (0.841) (755)$$

$$\Delta h = 654.1$$

$$\partial h = \partial u + R\Delta T$$

$$\partial u = \partial h - R\Delta T$$

$$\partial u = 654.1 - (0.1889) (0 - 1100)$$

$$\partial u = 802.3 \text{ KJ/Kg}$$

18. Para un gas dado, se considera la variación en el calor específico isobárico con la temperatura. igual a  $0.003 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}^2$ . A  $93^\circ\text{C}$ , el calor específico a presión constante es igual a  $1.214 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$ . Por tanto, si  $2 \text{ kg}$  de este gas son calentados de  $93^\circ\text{C}$  a  $653^\circ\text{C}$ , a presión constante, determine (a) el calor suministrado; (b) el cambio de entalpía; (e) el cambio de energía interna para un valor de  $R = 0.293 \text{ kJ/kg}$ .

$$\Delta W = mC_p\Delta T$$

$$\Delta W = 2 \text{ Kg} (1.214 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}) (926 - 336)^\circ\text{K} = 1432.52$$

$$\partial h = C_p\Delta T = (0.003) (926 - 336) = 1.77$$

$$\partial u = \partial h - R\Delta T$$

$$\partial u = 1.77 - 0.293 (0 - 926) = 273 \text{ KJ/Kg}$$

19. La altura de una montaña se va a medir por el cálculo de cambios de presión a temperatura constante. Al pie de ella, un barómetro indica  $730 \text{ mm Hg}$ , mientras que en la cima señala  $470 \text{ mm Hg}$ . La aceleración gravitacional en el lugar es de  $9.6 \text{ m/s}^2$ . Calcule la altura de la montaña suponiendo que  $T = 298 \text{ K}$ .

$$P_1 = \frac{P}{RT} = \frac{97.325 \text{ KPa}}{0.287(298^\circ\text{K})} = 1.13$$

$730 \text{ mmHg}$

$$P = \rho \partial h$$

$$h = \frac{\Delta P}{\rho \partial} = \frac{29.663}{8.64} = 3.86 \text{ Km}$$

$$P_2 = \frac{P}{RT} = \frac{62.662 \text{ KPa}}{0.287(290^\circ\text{K})} = 0.7327$$

$470 \text{ mmHg}$

20. Una lata vacía abierta tiene  $30 \text{ cm}$  de altura y un diámetro de  $10 \text{ cm}$ . La lata, con su extremo abierto hacia abajo, es sumergida en agua con una densidad de  $1000 \text{ kg/m}^3$ . Determine el nivel de agua en la lata cuando la parte superior de la misma se encuentra a  $50 \text{ cm}$  bajo la superficie libre. Siempre hay equilibrio térmico.

$$V = \frac{\pi d^2}{4} * h = \frac{\pi(10 \text{ cm}^2)}{4} * 30 \text{ cm} = 2356.2$$

21. Calcule el calor específico medio a presión constante empleando las ecuaciones de la Tabla 5.4 entre los límites de temperatura de  $350 \text{ K}$  y  $1200 \text{ K}$  para (a) nitrógeno; (b) metano; (c) propano.

DATOS:

$$T_1 = 350 \text{ K}$$

$$T_2 = 1200 \text{ K}$$

a) Nitrógeno

$$1.507 - 16.77 (350)^{-1/2} + 111.1 (350)^{-1} =$$

$$0.928034 \\ 1.507 - 16.77 (1200)^{-1/2} + 111.1 (1200)^{-1} = \\ 1.11547$$

b) Metano

$$0.8832 + 4.71 \times 10^{-3} (350) - 1.123 \times 10^{-6} (350)^2 \\ = 2.39 \\ 0.8832 + 4.71 \times 10^{-3} (1200) - 1.123 \times 10^{-6}$$

$$^6(1200)^2 = 4.91$$

c) Propano

$$0.214 + 5.48 \times 10^{-3} (350) - 1.67 \times 10^{-6} (350)^2 \\ = 1.9274 \\ 0.214 + 5.48 \times 10^{-3} (1200) - 1.67 \times 10^{-6} \\ (1200)^2 = 4.3852$$

22. Determine los calores específicos  $c_p$  y  $c_v$  de vapor de agua a 7 MPa y 500° C. Compare esto con los calores específicos calculados a 7 MPa y 350° C.

DATOS:

$$C_1 = 7 \text{ MPa} \\ T_1 = 500^\circ \text{C} \\ 0.04814 \\ T_2 = 350^\circ \text{C} \\ 0.03524$$

$$h_1 = 3410.3$$

$$V_1 =$$

$$h_2 = 3416$$

$$V_2 =$$

$$(3410.3 - 3016) \text{ kJ/Kg}^\circ\text{K/m} = C_p (150\text{K}) \\ C_p/m = 2.628 \text{ kJ/Kg}^\circ\text{K}$$

$$Pv = mR\Delta T$$

$$R = \frac{(7000 \text{ KPa})(0.04814 - 0.03524)}{150 \text{ K}} = 0.602 \\ \text{kJ/Kg}^\circ\text{K}$$

$$Q = \Delta H \\ Q = mC_p\Delta T \\ \Delta H = mC_p\Delta T$$

$$R = C_p - C_v \\ C_v = (2.628 - 0.602) \text{ kJ/Kg}^\circ\text{K} \\ C_v = 2.026 \text{ kJ/Kg}^\circ\text{K}$$

23. Un sistema aislado térmicamente y de volumen constante, que contiene 1.36 kg de aire, recibe 53 kJ de trabajo por agitación con paletas. La temperatura inicial es de 27 °C. Calcule (a) la temperatura final; (b) el campo de energía interna.

$$b. \quad Q = \Delta u + W \\ \Delta u = -W \\ \Delta u = 53 \text{ KJ}$$

$$\Delta u = m C_v (T_2 - T_1)$$

$$a. \quad T_2 = \frac{\Delta u + m C_v T_1}{m C_v} = \\ \frac{53 \text{ KJ} + 1.36 \text{ Kg} \cdot 0.7176 \cdot 300 \text{ K}}{1.36 \text{ Kg} \cdot 0.7176} = 354.3 \text{ K}$$

24. Un gas ideal ocupa un volumen de  $0.5 \text{ m}^3$  a una temperatura de  $340 \text{ K}$  y una presión dada. El gas experimenta un proceso a presión constante hasta que la temperatura disminuye a  $290 \text{ K}$ . Determine (a) el volumen final; (b) el trabajo si la presión es de  $120 \text{ kPa}$ .

DATOS:

$$v_1 = 0.5 \text{ m}^3$$

$$T_1 = 340 \text{ K}$$

$$P_1 = P_2$$

$$T_2 = 290 \text{ K}$$

$$v_2 = ?$$

$$T_2 = \frac{v_1}{T_1} = \frac{v_2}{T_2} = 0.426 \text{ m}^3$$

$$W = p \Delta v$$

$$W = 120 \text{ kPa} * (0.426 - 0.5)$$

$$W = -8.8 \text{ KJ}$$

## CAPITULO 6

1) Un recipiente hermético y térmico aislado, contiene dióxido de carbono gaseoso y cae desde un globo que se encuentra a 3,5 km de altura sobre la tierra. Hallar el aumento de temperatura del CO<sub>2</sub> cuando el recipiente choca contra el suelo.

$$Q^0 = \Delta U + W \quad W = E_{pg} = mgy$$

$$\Delta U = W \quad \Delta u = m C_v (T_2 - T_1)$$

$$m C_v (T_2 - T_1) = mgy$$

$$\Delta T = \frac{gy}{C_v} = \frac{9.8 (3500)}{0.6552} = 52.35$$

2) El aire descargado por un compresor entra en un tanque de almacenamiento de 1 m<sup>2</sup> de capacidad. La presión inicial del gas en el tanque es de 500 KPa y su temperatura es de 600 K. El tanque se enfría y la energía interna disminuye a 213 KJ/kg. Determine: a) el trabajo realizado; b) la pérdida de calor; c) el cambio de entalpia; d) la temperatura final.

$$V_1 = 434.8 \text{ kJ/kg}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{P_2}{P_1}$$

$$\Delta T = \frac{\Delta u}{C_v}$$

$$P_2 = \frac{P_1 T_2}{T_1} = \frac{500(291)}{600}$$

$$T_2 = \frac{213 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 434.8 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}{0.7176} + 6000 \text{ K}$$

$$P_2 = 242.5 \text{ kPa}$$

$$T_2 = 291^\circ \text{K}$$

$$\Delta h = h_2 - h_1$$

$$q = \Delta u \quad v = \text{Const.}$$

$$q = 213 - 434.80 = -221.8$$

$$\Delta h = N_2 + P_2 V_2 - u_1 - P_1 V_1$$

$$\Delta h = 213 + (242.5) (m^3) - 434.80 - \{500(1m^3)\}$$

$$W = q - \Delta h$$

$$W = -221.8 + 682 = 460.2$$

$$\Delta h = -479 \text{ kJ/kg}$$

3) Un sistema rígido y perfectamente aislado, contiene 0.53 m<sup>3</sup> de helio a 1000 kPa. El sistema recibe 1000 KJ de trabajo de agitación: Determine la presión final.

$$W = P_v \quad \Delta P_v \quad W = (P_2 - P_1) v \quad \frac{W}{v} + P_1 = P_2$$

$$P_2 = \frac{W}{v} + P_1$$

$$P_2 = \frac{1000 \text{ kJ}}{0.53 \text{ m}^3} + 1000 \text{ kPa} = 2886 \text{ kPa}$$

4) Un sistema adiabático de presión constante contiene 0.15 kg de aire a 150 kPa, y es comparable al sistema de la figura 6.5. El sistema recibe 20.70 KJ de trabajo de

agitación. Inicialmente, la temperatura del aire es 278 K y la final, 416 K. Calcule el trabajo mecánico y los cambios de energía interna y de entalpía.

$$\Delta u = m (v_2 - v_1) = 0.15 (294.818 - 198.342) = 14.92 \text{ kJ}$$

$$\Delta H = m (h_2 - h_1) = 0.15 (417.204 - 278.136) \text{ kJ/kg} = 20.86 \text{ kJ}$$

$$\Delta = H_2 - H_1$$

$$\Delta H = \Delta u + W$$

$$W = \Delta H - \Delta u$$

$$W = 20.86 - 14.92 = 5.94$$

Hasta  $v_1$ .  $v_2$ ,  $h_1$ ,  $h_2$  calculado por interpolar de la tabla A2

$$T_2 = 278 \quad T_2 = 416$$

5) Un recipiente cerrado rígido tiene una capacidad de  $1 \text{ m}^3$ , y contiene aire a 34408 kPa y 273 K. Se le suministra calor hasta que su temperatura es de 600 K. Evalúe el calor y la presión final.

$$\frac{T_2}{P_2} = \frac{T_1}{P_1}$$

$$P_2 = \frac{T_2 P_1}{T_1} = \frac{600}{273} * (344.8) = 57.8 \text{ kPa}$$

$$Q = \frac{P_1 V_1}{T_1 R} (V_2 - V_1) = \frac{344.8 (1 \text{ m}^3)}{273 (0.287)} * (434.8 - 194.8) = 1056 \text{ kJ}$$

6) Un dispositivo de cilindro y émbolo que contiene aire, recibe calor a una temperatura constante de 500 K y a una presión inicial de 200 kPa. El volumen inicial es de  $0.01 \text{ m}^3$  y el final de  $0.07 \text{ m}^3$ . Determine el calor y el trabajo realizado.

$$W = P_1 V_1 \ln \left( \frac{V_2}{V_1} \right)$$

$$Q = W + \Delta u$$

$$W = 200 (0.01) (\ln 7) = 3.89$$

$$Q = W$$

7) A una turbina adiabática entra vapor (de agua) a 1 MPa y  $500^\circ\text{C}$  y sale a 50 KPa y  $150^\circ\text{C}$ . Calcule el trabajo realizado por vapor.

$$Q = 0$$

$$h_2 = 2780.1 \text{ tabla A7}$$

$$W = -\Delta h$$

$$h_2 = 3697.9 \text{ kJ/kg}$$

$$W = -(h_2 - h_1)$$

$$W = 3697.9 - 2780.1$$

$$W = h_1 - h_2$$

$$W = 917.8 \text{ kJ/kg}$$

8) Una turbina recibe 5 Kg/s de vapor a 0.6 Mpa y 350°C, y lo descarga a 100 kPa y 200°C. La velocidad de admisión es despreciable, y la pérdida de calor en la máquina es de Kw. Determine la potencia desarrollada.

$$h_2 = 2675.5 \text{ (tabla A6)} \quad h_1 = 3690.1 \text{ (tabla A7)} \quad \text{Patm.} = \frac{W}{t} * \frac{m}{n}$$

$$q = \frac{6 \text{ kw}}{5 \text{ kg}} = 1.2 \text{ kJ/kg}$$

$$P = \frac{W}{m} * \frac{n}{t}$$

$$W = q - \Delta H$$

$$P = W m$$

$$W = q + h_1 - h_2$$

$$P = 1015 (5) = 5079 \text{ kw}$$

$$W = 1.2 + 2675.5 + 3690.1 = 1015$$

9) Una tobera recibe 5kg/s de vapor a 0.6 MPa y 350° C, y lo descarga a 100 kPa y 200°C. La velocidad de admisión es despreciable, y la pérdida de calor es de 250 KJ/kg: Determine la velocidad de salida.

$$-q = h_2 - h_1 + \epsilon c_2$$

$$V = \sqrt{2(h_1 - q - h_2)}$$

$$\epsilon c_2 = h_1 - q - h_2$$

$$V = \sqrt{2(3165.7 - 2875.3 - 250)}$$

$$\frac{1}{2} V^2 = h_1 - q - h_2$$

$$V_2 = \sqrt{2(40.4 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 1000 \text{ J/1kJ})}$$

$$V_2 = 284 \text{ m/s}$$

10) Se comprime aire politropicante desde 101 kPa y 23°C, y es descargado a un tanque a 1500 kPa y 175°C. Determine, por kilogramo de aire, (a) el calor retirado durante la compresión; b) el trabajo reversible.

$$Q = \Delta u + W$$

$$C_v = 0.7176 \text{ K (T}^* \Delta_1)$$

$$Q = q$$

$$\Delta u = C_v (T_2 - T_1)$$

$$R = 0.287 \text{ kJ/kg (T } \Delta_1)$$

$$\Delta U = 0.7176 (448 - 296) = 109.8 \text{ kJ/kg}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{1-n}{n}}$$

$$W = \frac{0.287 (152)}{1 - 1.1814} = -240.38$$

$$\frac{\ln T_2/T_1}{\ln \left(\frac{P_2}{P_1}\right)} = \frac{1-n}{n}$$

$$q = \Delta u + W$$

$$\frac{1}{n} - 1 = \frac{\ln \left(\frac{296}{448}\right)}{\ln \left(\frac{1500}{101}\right)} = -0.153602$$

$$q = 109.8 - 240.38 = -13.13$$

$$\frac{1}{n} = -0.153602 + 1 = 0.8463$$

$$n = 1.1814$$



11) Un tanque con capacidad de 50 m<sup>3</sup> se llena con aire, considerado como un gas ideal. En cierto instante, el aire del tanque presenta una temperatura de 400 K y una presión de 1380 kPa. En este momento la presión se incrementa a razón de 138 kPa/s, y la temperatura se eleva a razón de 25 K/s. Evalúe el flujo de aire hacia el interior del tanque en este instante, en Kg/s.

$$m_1 = \frac{P_1 V_1}{R T_1} = \frac{1380 (50)}{0.287 (400)} = 601.04 \text{ kg} \quad m_2 = \frac{1518 (50)}{0.287 (425)} = 622.25 \text{ kg}$$

$$T_2 = 400^\circ\text{K} + 425^\circ\text{K}$$

$$\Delta m = m_2 - m_1$$

$$T_1 = 1380 + 138$$

$$\Delta m = 622.25 - 601.04$$

$$\Delta m = 21.2$$

$$||^\circ| = \frac{\Delta m}{t} = \frac{21.2 \text{ kg}}{1 \text{ sg}}$$

$$m = 21.2 \text{ kg/sg.}$$

12) Aire a una presión de 100 kPa tiene un volumen de 0.32 m<sup>3</sup>. Es comprimido de manera adiabática reversible hasta que su temperatura vale 190° C. El trabajo reversible es de -63 KJ. Determine (a) la temperatura inicial; (b) la masa del aire; (c) el cambio de energía interna.

$$n = k$$

$$W (1-K) + P_1 V_1 = m R T_2$$

$$K = 1.4$$

$$m = \frac{W (1-K) + P_1 V_1}{R T_2} = \frac{-63 (1-1.4) + 100 (0.32)}{0.287 (463)} = 0.43 \text{ kg}$$

$$Q^0 = \Delta u + W$$

$$T_1 = \frac{P_1 V_1}{m R} = \frac{100 (0.32)}{0.43 (0.287)} = 259.3^\circ\text{K}$$

$$\Delta u = W$$

$$\Delta u = 13 \text{ KJ}$$

$$W = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{1-K}$$

$$P_2 V_2 = m R T_2$$

13) El aire en un dispositivo de cilindro y émbolo ocupa 0.12 m<sup>3</sup> a 552 kPa. El aire se expande en un proceso adiabático reversible realizando un trabajo sobre el émbolo, hasta que el volumen es de 0.24 m<sup>3</sup>: Determine a) el trabajo del sistema; b) el trabajo neto si la presión atmosférica es de 101 kPa.

$$W_{at.} = P_{atm.} \Delta v$$

$$W_g = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{1-K}$$

$$W = 101 (0.24 - 0.12) = 12.42 \text{ KJ}$$

$$W_g = \frac{209.17 (0.24) - 552 (0.12)}{1-1.4} = 40.09$$

$$K = 1.4$$

$$W_{\text{neto}} = W_g - W_{\text{at.}}$$

$$P_2 = P_1 \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^K$$

$$W = 40.09 - 12.12 = 27.97$$

$$P_2 = 552 \left( \frac{0.12}{0.24} \right)^{1.4} = 209.17 \text{ kPa}$$

14) Tres moles de oxígeno se comprimen en un cilindro con pistón, como parte de un proceso adiabático reversible, desde una temperatura de 300 K y una presión de 102 kPa, hasta que el volumen final es de una décima parte del volumen inicial. Calcule a) la temperatura final; b) la presión final; c) el trabajo realizado por el sistema.

$$T_2 = T_1 \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^{n-1} = 300 \left( \frac{1}{10} \right)^{0.399} = 19.7 \quad n = K$$

$$P_2 = P_1 \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^n = 102 \left( \frac{1}{10} \right)^{1.399} = 4.07 \quad K = 1.399$$

$$W = \frac{nR(T_2 - T_1)}{1 - K} = \frac{3(8.3143)(19.7 - 300)}{1 - 1.399} = 11271 \text{ KJ}$$

15) Un tanque de buceo contiene 1.5 kg de aire. El aire del depósito inicialmente se encuentra a 15° C, y el tanque se deja cerca del tubo de escape de un motor, de manera que se calienta y la presión del tanque se duplica. Calcule a) la temperatura final; b) el cambio de energía interna; c) el calor absorbido.

$$T_2 = \frac{T_1 P_2}{P_1}$$

$$T_2 = 258(2) = 516^\circ \text{K}$$

$$\Delta u = m C_v (T_2 - T_1) = 1.5(0.7176)(516 - 258) = 271.5$$

$$C_v = 0.7176$$

$$Q = \Delta u + W$$

$$Q = \Delta u = 271.5$$

16) En un proceso adiabático reversible, 17.6 m<sup>3</sup>/min de aire son comprimidos desde 277 K y 101 kPa, hasta 700 kPa. Determine a) la temperatura final; b) el cambio de entalpía; c) la intensidad de flujo (en kg/s); d) la potencia requerida.

$$P = 0.287$$

$$\Delta u = C_v (T_2 - T_1)$$

$$C_v = 0.7176$$

$$\Delta u = 0.176(481.62 - 277) = 35.7$$

$$C_p = 1.0047$$

$$\Delta H = C_p (T_2 - T_1)$$

$$K = 1.4$$

$$\Delta H = 1.0047(481.62 - 277) = 205.6$$

$$T_2 = T \left( \frac{P_1}{P_2} \right)^{1-K/K} = 277 \left( \frac{101}{700} \right)^{1-1.4/1.4} = 481.62 \text{ K}$$

$$V_1 = \frac{RT_1}{P_1} = \frac{0.287 (277)}{101} = 0.787$$

$$m = \frac{v}{v/2} = \frac{17.6 \text{ m}^3/\text{mint}}{0.492 \text{ m}^3/\text{kg}} \cdot 1 \text{ mint}/60 \text{ sg} = 0.5962 \text{ kg/sg}$$

$$V_2 = \frac{RT_2}{P_2} = \frac{0.287 (481.62)}{700} = 0.1970$$

$$W = \Delta u$$

$$V_2 = \frac{V_1 + V_2}{2} = \frac{0.984}{2} = 0.492$$

$$W = \ln \Delta u$$

$$W = 0.5962 (146.54) = 87055$$

17) Un dispositivo adiabático tiene la forma de una T invertida, y recibe 3.03 kg/s de Vapor de agua a 4 MPa y 600° C por la parte superior, y se tienen dos corrientes, una de 0.5 kg/s, 0.2 MPa y 6° C, que sale en dirección horizontal, y otra a 0.2 MPa y temperatura desconocida, que también sale horizontalmente. Obtenga el valor de la temperatura que no se conoce.

Datos

$$m_1 = 3.03 \text{ kg/seg}$$

$$P_1 = 4 \text{ MPa}$$

$$T_1 = 600^\circ \text{C}$$

$$\text{Energía Entrante} = \text{Energía Saliente}$$

$$Q^\circ = m_1 h_1 = m_2 h_2 + m_3 h_3$$

$$h_3 = 1107.57 \text{ KJ/kg}$$

$$m_2 = 0.5 \text{ kg/seg}$$

$$p_2 = 0.2 \text{ MPa}$$

$$T_2 = 6^\circ \text{C}$$

$$\Delta H_{1-2} = C_p (T_1 - T_2)$$

$$\Delta H_{1-2} = 1.8646 (594)$$

$$\Delta H_{1-2} = 1157.57 \text{ KJ/seg}$$

$$m_3 = 2.53 \text{ kg/seg}$$

$$p_3 = 0.2 \text{ MPa}$$

$$T_3 = ?$$

$$h_2 = \Delta H_{1-3} = C_p (T_1 - T_3)$$

$$h_2 = 18646$$

21. Un sistema neumático de elevación se presenta en una exhibición de ventas. La carga total tiene una masa de 70 Kg, y el émbolo de levantamiento tiene un diámetro de 15.2 cm y una carrera de 20.2 cm. Un tanque de aire comprimido que tiene una presión inicial de 20 MPa y una temperatura de 23° C, se va a utilizar como fuente de energía neumática. Un regulador reduce la presión que existe entre el tanque y el sistema de levantamiento. Despreciando el volumen de todas las tuberías que van del tanque al sistema, determine el numero de veces que el pistón de fuerza puede funcionar por tanque de aire, si este permanece a 23° C y el volumen del recipiente es de 0.05 m<sup>3</sup>.

$$\frac{T_1}{T_2} = \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{1-n/n} = \left( \frac{1350}{101} \right)^{1-1.3/1.3} = 0.547$$

$$\Delta u = m C_v (T_2 - T_1)$$

$$T_2 = 546.5$$

$$\Delta u = 178.32$$

$$\hat{W} = \frac{mR (T_2 - T_1)}{1-n}$$

$$q = -59.40$$

$$\hat{W} = \frac{1 (0.287) (548.5 - 300)}{-0.3} = -273.73 \text{ kw}$$

$$\Delta T = \frac{W (1-n)}{mR}$$

$$\Delta T = \frac{100 (-0.3)}{1 (0.287)} = -105.53$$

$$\Delta u = (0.7176)(-104.53) = 75 \text{ kJ/kg}$$

23. Se expende oxígeno en forma adiabática reversible a través de un tobera, desde una presión y una temperatura inicial, y con una velocidad de entrada de 50 m/s. se produce una disminución de 38 K en su temperatura al pasar por la tobera. Determine: (a) la velocidad de salida, (b) para las condiciones de entrada mide 410 Kpa y 320 K, calcule la presión de salida.

$$dh + dEc = 0 \quad \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{K-1} = \frac{P_2}{P_1}$$

$$C_p \Delta T + dEc = 0 \quad P_2 = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{1/K-1} = 262.3 \text{ kPa}$$

$$C_p \Delta T - Ec = -Ec_2$$

$$0.9185 (-38) - Ec = Ec_2$$

$$(34.9 - 1.25) \text{ kJ/kg} = \frac{V_2^2}{2}$$

$$-36.15 = -\frac{V_2^2}{2}$$

$$V = \sqrt{2(36.150)} = 268.9 \text{ m/s}$$

24. un gas ideal que tiene una masa de 2 Kg a 465 K y 415 Kpa, se expande en un proceso adiabático reversible hasta 138 KPa. Las constante del gas (ideal) es 242 J/Kg.K, y K= 1.40. Calcule: (a) la temperatura final, (b) el cambio de energía interna; (c) el trabajo realizado; (d) el valor de c1 y c2.

$$\left(\frac{T_2}{T_1}\right) = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{K-1/K} \quad K = \frac{C_p}{C_v} = C_p = 1.40 \text{ } C_v$$

$$T_2 = T_1 \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{K-1/K} \quad C_p - C_v = R \quad C_v = C_p - R$$

$$T_2 = 636.9 \quad C_v = C_p - 0.242$$

$$\Delta u = 207.999 \quad C_p = 1.40 \text{ } C_p - 0.3388$$

$$Q^0 = \Delta u + W \quad -0.40 C_p = -0.3388$$

$$W = \frac{mR\Delta T}{1-K} = 207.99 \quad C_p = 0.847$$

$$C_v = 0.605$$

25. Un gas ideal con un peso molecular de 6.5 kg/kgmol, es comprimido reversiblemente desde 690 Kpa y 277 K, hasta un volumen específico final de 0.47 m<sup>3</sup>/kg, de acuerdo con  $p = 561 + 200p + 100p^2$ , donde p es la presión en KPa y v representa el volumen específico

en m<sup>3</sup>/kg. El calor específico isométrico vale 0.837 KJ/Kg.K. Determine (a) el trabajo; (b) el calor; (c) la temperatura final; (d) el volumen específico inicial.

$$\check{R} = MR \quad R = \check{R}/M \quad n = \frac{\ln\left(\frac{P_1}{P_2}\right)}{\ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)} = 0.2133$$

$$K = C_p/C_v \quad \Delta u = mC_v (T_2 - T_1) = -23.60$$

$$R = C_p - C_v \quad \omega = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{1 - n} = -29.73$$

$$C_p = R + C_v \quad Q = 51.33$$

$$KC_v = R + C_v \quad T_2 = \frac{P_1 V_2 M}{R} = 248.80^\circ K$$

$$K = \frac{R + C_v}{C_v} = \frac{\frac{R}{M} + C_v}{C_v} \quad - \quad P_v = R T$$

$$K = \frac{R}{mC_v} + L \quad P_v M = \bar{R} T \quad T = \frac{RT}{P_1 M} = 0.5135 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$P_2 = 677.09 \text{ kPa}$$

26. Una masa de 3 kg de neón se encuentra en un sistema de volumen constante. El gas se halla inicialmente a una presión de 550 Kpa y a una temperatura de 350° K. su presión se incrementa hasta 200 Kpa por el trabajo de agitación recibido, y por 210 KJ de calor suministrado. Determine: (a) la temperatura final; (b) el cambio de energía interna; (c) el trabajo de entrada.

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \quad \Delta u = mC_v(T_2 - T_1)$$

$$T_2 = \frac{P_2 T_1}{P_1} = \frac{2000(350)}{550} = 1272 \quad \Delta u = 3(0.6179)(922.7) = 171.4 \text{ kJ}$$

$$Q = \Delta u + W$$

$$W = -1500 \text{ kJ}$$

28. un kilogramo de aire se expande a una temperatura constante desde una presión de 800 KPa y un volumen de 2 m<sup>3</sup>, hasta una presión de 200 KPa. Determine (a) el calor, (b) el trabajo de agitación; (c) el cambio de entalpia; (d) el trabajo neto si los alrededores se encuentran a 101 KPa.

$$\Delta H = mC_p(\Delta T) = 1(0.6552)(140) = 91.728 \quad V_1 = \frac{mRT}{P}$$

$$\Delta u = mC_v \Delta T = 1(0.844)(140) = 118.16 \quad V_1 = \frac{1(0.188)(417)}{101} = 0.75 \text{ m}^3$$

$$Q = W + \Delta u \quad V_2 = T_2/T_1 * V_1 = 0.318 \text{ m}^3$$

$$W = Q - \Delta u \quad W = P \Delta V = 26.45$$

$$\Delta w = -118.16$$

$$W_{\text{neto}} = -29.54 - 26.45 = -56$$

$$Q = 88.62$$

29. Un kilogramo de aire se expande a una temperatura constante desde una presión de 800 Kpa y un volumen específico de 0.81 m<sup>3</sup>/kg, hasta una presión final de 600 KPa. Calcule (a) el trabajo efectuado en KW; (b) la pérdida de calor en KW.

$$\frac{P_1 V_1}{P_2} = V_2 = \frac{800 (2)}{250} = 5 \text{ m}^3$$

$$W = Q$$

$$\Delta u = 0$$

$$W = -P_1 V_1 \ln \left( \frac{V_2}{V_1} \right)$$

$$\Delta h = 0$$

$$W = 2218 \text{ KJ}$$

$$Q = 2218 \text{ KJ}$$

30. Un compresor ideal comprime isotérmicamente 12 Kg/min de aire, desde 99 Kpa y un volumen específico de 0.81 m<sup>3</sup>/kg, hasta una presión final de 600 Kpa. Calcule (a) el trabajo efectuado en Kw; (b) la pérdida de calor en KW.

$$\omega = - \ln P_1 V_1 \ln \left( \frac{P_1}{P_2} \right) = -0.2 (99) = -28.9 \text{ kw}$$

$$m = \frac{P_1 V_1}{RT_1} = 0.1765$$

$$W_{\text{neto}} = W_g - W_{\text{at.}}$$

$$P_2 = \frac{mRT}{V} = 250 \text{ kPa}$$

$$W = 14 - 100(0.12 - 0.05) = 7 \text{ kJ}$$

$$\Delta h = mC_p (\Delta T) = 89.4$$

$$Q = \Delta u + W$$

$$W = P \Delta v = \{200(0.12 - 0.05)\} = 0.14 \text{ kJ} \quad Q = 69.38 + 14 = 83.38 \text{ KJ}$$

32. Una masa de aire se encuentra alojada en un dispositivo de cilindro y pistón, y se comprime en forma adiabática reversible, desde una temperatura de 300 K y una presión de 120 KPa, hasta una presión final de 480 Kpa. Obtenga (a) la temperatura final; (b) el trabajo por kilogramo.

$$\frac{T_2}{T_1} = \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{K-1/K} = 14.6$$

$$W = \frac{mR\Delta T}{1-K}$$

$$W = \frac{R\Delta T}{1-K} = -104.76$$

33. una masa de 2 m<sup>3</sup> de helio, a 277 K y 101 Kpa, se comprime a 404 Kpa según un proceso adiabático reversible, desde una temperatura final; (b) la potencia requerida.

$$T_2 = \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{K-1/K} T_1 = 482.1$$

$$W = \frac{mR\Delta T}{1-K} = \frac{(0.3511)(2077)(205.1)}{-0.666} = -22.57 \text{ kJ}$$

$$m = \frac{\Delta v}{RT} = 0.3511 \text{ kg}$$

34. en un compresor de una línea de conducción de gas natural, se comprimen politrópicamente 110 m<sup>3</sup>/min de gas propano. La presión de entrada es de 101 Kpa, y la temperatura, de 38° C. el proceso es  $P v^{1.08} = C$ . la presión de salida vale 510 Kpa. Determine (a) la temperatura de salida; (b) la fuga de calor; (c) el trabajo requerido; (d) el flujo de masa.

$$T_2 = T_1 (T_2 - T_1)^{n-1/n} = 350.63$$

$$q = \Delta u + W$$

$$m = \frac{PV}{RT} = \frac{101(110)}{0.188613}$$

$$\Delta u = C_v (T_2 - T_1) = 58.65 \text{ kJ/kg}$$

$$q = -37.77$$

$$m = 189.4 \text{ kg/min}$$

$$W = \frac{R \Delta T}{1-n} = -93.42$$

$$m = 3.1567 \text{ kg/sg}$$

35. se comprime aire politrópicamente en un cilindro de acuerdo con la ley  $p v^2 = c$ . El trabajo requerido es 180 KJ. Determine (a) el cambio de energía interna; (b) el calor transferido.

$$W = \frac{mRT}{1-n}$$

$$\Delta u = m C_v \Delta T$$

$$m \Delta T = \frac{W(1-n)}{R}$$

$$m \Delta T = \frac{\Delta u}{C_v}$$

$$\frac{\Delta u}{C_v} = \frac{W(1-n)}{R}$$

$$Q = \Delta u + W$$

$$\Delta u = \frac{W}{R} (1-n) C_v = 450 \text{ kJ}$$

$$Q = 270 \text{ KJ}$$

36. Un sistema cilindro y pistón contiene 2 kg de vapor de agua. El émbolo carece de fricción y se mueve entre dos límites. El vapor contenido se encuentra inicialmente a 1000 Kpa y posee una calidad de 75%. Se suministra calor hasta que la temperatura es 500° C. No obstante, el émbolo no se mueve sino hasta que la presión en el sistema alcanza 2 Mpa, para luego desplazarse a presión constante. Calcule (a) el trabajo efectuado por el sistema; (b) el calor total transferido.

$$T_1 = 179.91^\circ \text{C}$$

$$W = P \Delta v = 118.72$$

$$V_1 = 0.146 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\Delta W_1 = m C_v \Delta T = 848$$

$$V_2 = 0.292 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\Delta W_2 = m C_v \Delta T = 440.63$$

$$V_2 = 0.3536 \text{ m}^3$$

$$Q = \Delta u + \Delta W_2 + W$$

$$T_2 = \frac{V_2 T_1}{V_1} = 930^\circ \text{K}$$

$$Q = 1457.3 \text{ KJ}$$

$$T_2 = T_3$$

$$T_3 = 930^\circ\text{K}$$

37. gas helio se expande politrópicamente a través de una turbina conforme con el proceso  $pV = C$ . la temperatura de entrada es de 100 K y la presión inicial vale 1000 Kpa; la presión de salida es de 150 Kpa. La turbina produce  $1 \times 10^5$  KW. Determine (a) la temperatura de salida; (b) el calor transmitido (en KW); (c) el flujo o corriente de fluido (en kg/s).

$$T_2 = T_1 \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{n-1/n} = 1000^\circ\text{K} \left( \frac{150}{1000} \right)^{1.5-1/1.5}$$

$$T_2 = 531.329$$

38. Una masa de 2kg de helio experimenta un ciclo de 3 procesos, que son: (1-2), volumen constante; (2-3), presión. Dado que  $P_1 = 100$  KPa,  $T_1 = 300$  K, y  $v_1/v_2 = 5$ , determine a) la presión, el volumen y la temperatura en los puntos extremos del ciclo; b) el calor suministrado.

$$T_1 = T_3 = 3000^\circ\text{K}$$

$$a) P_1 V_1 = P_3 V_3$$

$$b) \text{ proceso de 1-2}$$

$$P_2 = P_3 = 500 \text{ kPa} \quad P_3 = \frac{P_1 V_1}{V_3} = 100 \text{ kPa} \cdot 5 \text{ kPa}$$

$$v = c \quad w = 0$$

$$\frac{T_1}{P_1} = \frac{T_2}{P_2} \quad T_2 = \frac{T_1 P_2}{P_1} = \frac{300^\circ\text{K} \cdot 500 \text{ kPa}}{100 \text{ kPa}} = 1500^\circ\text{K}$$

$$V_1 = \frac{mRT_1}{P_1} = \frac{2 \text{ kg} (2.077) (300^\circ\text{K})}{100 \text{ kPa}} = 12.462 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\text{Proceso 2-3 } P = C$$

$$W = mR (T_3 - T_2)$$

$$W = 2 \text{ kg} (2.077 \text{ kJ/kg}^\circ\text{K}) (300 - 1500)^\circ\text{K}$$

$$W = -4984.8 \text{ kJ}$$

$$c) Q = \Delta u + W \quad \Delta u = mC_v(T_2 - T_1)$$

$$Q = mC_v(T_2 - T_1) + W$$

$$Q = 2 \text{ kg} (3.1189 \text{ kJ/kg}^\circ\text{K}) (1500^\circ\text{K} - 300^\circ\text{K}) + W$$

$$Q = (7845.36 + 2005.7) \text{ KJ}$$

$$Q = 9491.7$$

$$\text{Proceso 3-1 } T = C$$

$$W = P_3 V_3 \ln \frac{P_3}{P_1}$$



$$W = 500 \text{ kPa} (2.4924 \text{ m}^3/\text{kg}) \ln \frac{500 \text{ kPa}}{100 \text{ kPa}}$$

$$W = 2005.7 \text{ kJ}$$

$$P_1 V_1 = P_3 V_3 \quad V_3 = \frac{P_1 V_1}{P_3}$$

$$V_3 = \frac{100 \text{ kPa} \times 24924 \text{ m}^3/\text{kg}}{500 \text{ kPa}}$$

$$V_3 = 24924 \text{ m}^3/\text{kg}$$

## CAPITULO 7

1.-Una maquina motriz de Carnot funciona con 0.136 Kg de aire como sustancia de trabajo. La presión y volumen, al principio de la expansión isotérmica, son 2.1 MPa y 9.6 litros, respectivamente. El aire se comporta como un gas ideal, la temperatura del resumenario es 50°C y el calor suministrado vale 32 KJ. Determine (a) la temperatura de la fuente; (b) la eficiencia del ciclo; (c) la presión al finalizar la expansión isotérmica; (d) el calor cedido al resumenario en cada ciclo.

$$m = 0.136 \text{ kg aire}$$

$$P_1 = 2.1 \text{ MPa} = 2100 \text{ KPa}$$

$$V_1 = 9.6 \text{ lt} = 0.009 \text{ m}^3$$

$$T_c = 50^\circ\text{C} = 323^\circ\text{K}$$

$$Q_{entra} = 32 \text{ KJ}$$

$$b) n = \frac{W_{neto}}{Q_{entra}} = \frac{T_H - T_c}{T_H} = \frac{516.5 - 323}{516.5} = 0.37$$

$$d) W_{neto} = n \times Q_{entra}$$

$$W_{neto} = 0.31(32 \text{ KJ})$$

$$W_{neto} = 11.84 \text{ KJ}$$

$$\Sigma W = \Sigma Q$$

$$11.48 = 32 + Q_{ced}$$

$$Q_{ced} = 20.16 \text{ KJ}$$

$$c) T = c$$

$$Q = P_1 V_1 \ln(V_2/V_1)$$

$$32 \text{ KJ} = (2100)(0.0096 \text{ m}^3) \ln(V_2/V_1)$$

$$15873 = \ln V_2 - \ln V_3$$

$$\ln V_2 = -3.0587$$

$$V_2 = 0.04695 \text{ m}^3$$

2. Un motor Carnot produce 25 KW cuando opera entre los limites de temperatura de 1000 K y 300 K. determine (a) el calor suministrado por segundos; (b) la cesión de calor por segundo.

2.-Datos

$$T_1 = 1000 \text{ K}$$

$$T_2 = 300 \text{ K}$$

$$nt = \frac{T_H - T_C}{T_H}$$

$$nt = \frac{700}{1000} = 0.7$$

$$nt = \frac{W_{neto}}{Q_{entra}}$$

$$Q_{entra} = \frac{W_{neto}}{nt}$$

$$Q_{entra} = \frac{25 \text{ kJ/seg}}{0.7}$$

$$Q_{entra} = 35.71 \text{ kJ/seg}$$

$$W_{neto} = Q_{entra} - Q_{sale}$$

$$W_{neto} - Q_{entra} = Q_{sale}$$

$$25 \text{ KJ/seg} - 35.71 \text{ KJ/seg} = Q_{sale}$$

$$Q_{sale} = 10.71 \text{ KJ/seg}$$

3. En un motor Carnot se emplea nitrógeno como fluido de trabajo. El calor suministrado es de 53 KJ, y la relación de expansión adiabática, de 16;1. La temperatura del receptor de calor vale 295 K. calcule (a) la eficiencia térmica; (b) el calor cedido; (c) el trabajo realizado.

$$K = \frac{C_p}{C_v} = \frac{1.0399}{0.1431} = 1.3994$$

$$T_H = T_c(V_2/V_1)^{K-1} = 295^\circ\text{K}(16/1)^{0.3994} = 892.8^\circ\text{K}$$

$$a) nt = \frac{892.8 - 295}{892.5} = 0.67$$

$$b) Q_{sum} + Q_{ced} = W_{neto} \quad Q_{ced} = 35.51 - 53 = -17.49 \text{ KJ}$$

$$c) W_{neto} = Q_{sum} \times nt = 53 \text{ KJ} (0.67) = 35.51 \text{ KJ}$$

4. Un motor Carnot utiliza aire como sustancia de trabajo, recibe calor a una temperatura de 315°C, y lo cede a 65°C. La máxima presión posible en ciclo vale 6.9 MPa, y el volumen mínimo es de 0.95 litros. Cuando se suministra calor el volumen se incrementa el 250 %. Calcule la presión y el volumen en cada estado del ciclo.

Datos

$$T_1 = 315^\circ\text{C} = 588^\circ\text{K}$$

$$T_2 = 65^\circ\text{C} = 338^\circ\text{K}$$

$$P = 6.9 \text{ MPa}$$

$$V_1 = 0.95 \text{ lts} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ lts}} = 9.5 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$V_2 = 2.38 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$Q_{entra} = P_1 V_1 \ln(V_2/V_1)$$

$$Q_{entra} = 6900 \text{ KPa} (9.5 \times 10^{-4} \text{ m}^3) \ln(2.38 \times 10^{-3} \text{ m}^3 / 9.5 \times 10^{-4} \text{ m}^3)$$

$$Q_{entra} = 6.02 \text{ KJ}$$

$$nt = \frac{T_H - T_C}{T_H} = 0.425$$

$$nt = \frac{W_{neto}}{Q_{entra}}$$

$$W_{neto} = Q_{entra} - Q_{sale}$$

$$W_{neto} - Q_{entra} = Q_{sale}$$

$$Q_{sale} = 2.56 \text{ KJ} - 6.02 \text{ KJ}$$

$$Q_{sale} = -3.46 \text{ KJ}$$

$$Q_{sale} = P_2 V_2 \ln(V_1/V_2)$$

$$W_{neto} = nt \times Q_{entra}$$

$$W_{neto} = 0.425 (6.02 \text{ KJ})$$

$$W_{neto} = 2.56 \text{ KJ}$$

$$P_2 = \frac{-Q_{sale}}{V_2 \ln(V_1/V_2)} = \frac{-3.46 \text{ kJ}}{-2.19 \times 10^{-3}} = 1579.9 \text{ KPa} = 1.58 \text{ MPa}$$

5. Un motor Carnot funciona entre las temperaturas de 1000 K y 300 K. la maquina opera a 2000 rev/min y desarrolla 200 KW. Su volumen desplazado total hace que la presión media efectiva valga 300 KPa. Evalué (a) la eficiencia del ciclo; (b) el calor suministrado (en KW); (c) el volumen desplazado total de la maquina (m³).

Datos

$$T_H = 1000^\circ\text{K}$$

$$T_C = 300^\circ\text{K}$$

$$W_n = 200 \text{ KW}$$

$$P_m = 300 \text{ KPa}$$

$$W = W_n \times N$$

$$W_n = 6 \text{ KJ}$$

$$a) nt = \frac{T_H - T_C}{T_H} = \frac{1000 - 300}{1000} = 0.7$$

$$b) Q_{sum} = \frac{W_{neto}}{nt} = \frac{200 \text{ KW}}{0.7} = 285.7 \text{ KW}$$

$$c) Vd = \frac{Wn}{Pn} = \frac{200 \text{ KW}}{300 \text{ KPa}} = 0.66 \text{ m}^3/\text{s}$$

6. Un ciclo de Carnot utiliza nitrógeno como sustancia de trabajo. El calor suministrado es de 54 KJ. La temperatura a la que se cede calor tiene un valor de 21°C y  $v_3/v_2 = 10$ . Calcule (a) la eficiencia del ciclo; (b) la temperatura a que se suministra calor; (c) el trabajo realizado.

$$Q_{sum} = 54 \text{ KJ}$$

$$T_c = 21^\circ\text{C} = 294^\circ\text{K}$$

$$V_3/V_2 = 10$$

$$K = C_p/C_v = 1.3994$$

$$a) nt = \frac{T_H - T_c}{T_H} = \frac{737.5 - 294}{737.5} = 0.60$$

$$b) T_H = T_c (V_3/V_2)^{k-1} = 294(10)^{0.3994} = 737.5^\circ\text{K}$$

$$c) W_{neto} = Q_{sum} \times nt = 54 \text{ KJ} (0.6) = 32.4 \text{ KJ}$$

7. El gas helio se emplea en una maquina de Carnot donde los volúmenes en ( $\text{m}^3$ ) correspondiente a una adición inicial de calor a temperatura constante, son  $v_1 = 0.3565$ ,  $v_2 = 0.5130$ ,  $v_3 = 8.0$ ,  $v_4 = 5.57$ . Determine la eficiencia térmica.

$$V_1 = 0.3565 \text{ m}^3$$

$$V_2 = 0.5130 \text{ m}^3$$

$$V_3 = 8.0 \text{ m}^3 \quad T_H = 6.227 T_c$$

$$V_4 = 5.57 \text{ m}^3$$

$$K = 1.6658$$

$$\frac{T_H}{T_c} = \frac{T_2}{T_3} = (V_3/V_2)^{k-1} = \left(\frac{8}{0.5230}\right)^{0.3994}$$

$$nt = \frac{T_H - T_c}{T_H} = \frac{6.227 T_c - T_c}{6.227 T_c} = 0.839$$

$$\frac{T_c}{T_H} = \frac{T_4}{T_1} = (V_1/V_4)^{k-1}$$

$$T_c = 0.16 T_H$$

8. se emplea aire en una maquina motriz de Carnot en la que 22 KJ de calor se recibe a 560 K. la energía térmica es cedida a 270 K, y el volumen desplazado vale 0.127  $\text{m}^3$ . Calcule (a) el trabajo realizado; (b) la presión media efectiva.

$$Q = 22 \text{ KJ}$$

$$W_{neto} = nt \times Q_{entra}$$

$$T_H = 560^\circ\text{K}$$

$$T_C = 270^\circ\text{K}$$

$$\Delta v = 0.127 \text{ m}^3$$

$$W = ?$$

$$P_m = ?$$

$$nt = \frac{T_H - T_C}{T_H}$$

$$nt = \frac{560^\circ\text{K} - 270^\circ\text{K}}{560^\circ\text{K}} = 0.52$$

$$a) \quad W_{neto} = nt \times Q_{entra} = 0.52 (22 \text{ kJ}) = 11.393 \text{ kJ}$$

$$b) \quad i = \frac{W_{neto}}{\Delta v} = \frac{11.393 \text{ kJ}}{0.127 \text{ m}^3} = 89.71 \text{ KPa}$$

14.- Datos

$$TH = 23^\circ\text{C} = 296^\circ\text{K}$$

$$TC = 0^\circ\text{C} = 273^\circ\text{K}$$

$$Q = 20 \text{ KW}$$

$$nt = \frac{TH - TC}{TH} = \frac{246 - 273}{296} = 0.077$$

$$W_{neto} = nt \times Q_{entra} = 0.077 (20 \text{ kw}) = 1.54$$

9. Una maquina motriz de Carnot opera entre los limites de temperatura de 1200 K y 400 K, utilizando 0.4 Kg de aire y funcionando a 500 rev/min. La presión, al inicio del suministrado de calor, tiene un valor de 1500 KPa, y al final de la misma, 750 KPa. Determine (a) el calor de entrada por el ciclo; (b) el calor de salida; (c) la potencia desarrollada; (d) el volumen al final de la adición del calor; (e) la presión media efectiva; (f) la eficiencia térmica.

Datos

$$TH = 1200^\circ\text{K}$$

$$TC = 400^\circ\text{K}$$

$$m = 0.4 \text{ kg aire}$$

$$P_1 = 1600 \text{ KPa}$$

$$P_2 = 750 \text{ KPa}$$

$$V_1 = \frac{mRT_1}{P_1} = \frac{(0.4)(0.287)(1200)}{1500 \text{ KPa}} = 0.09184 \text{ m}^3$$

$$d) V_2 = \frac{p_1 V_1}{P_2} = \frac{(1500)(0.09184)}{750} = 0.1836 \text{ m}^3$$

$$K = 1.4$$

$$Q_{entra} = mRTH \ln(V_2/V_1) = (0.4)(0.287)(1200) \ln(0.1836/0.09184) = 95.5 \text{ KJ}$$

$$nt = \frac{TH - TC}{TH} = \frac{1200 - 400}{1200} = 0.66$$

$$c) W_{neto} = (95.5 \text{ KJ}) 0.66 = 63.66 \text{ KJ/ciclo} \times 8.33 \text{ ciclo/s} = 530.5 \text{ KW}$$

$$b) Q_{sal} = W_{neto} - Q_{entra} = 63.66 - 95.5 = 31.83 \text{ KJ}$$

$$e) V_3 = V_2 (T_2/T_1)^{k-1} = 0.18368 \text{ m}^3 \left(\frac{1200}{400}\right)^{1/0.4} = 2.8633 \text{ m}^3$$

$$V_{td} = V_3 - V_1 = 2.7714 \text{ m}^3$$

$$P_m = W_{neto} / V_{desp} = 63.66 / 2.7714 = 22.97 \text{ KPa}$$

10. Una maquina Carnot del ciclo inverso recibe 316 KJ de calor. El proceso de compresión adiabática reversible incrementa un 50% la temperatura absoluta a la que se efectúa la adición del calor. Calcule (a) COP (o CF); (b) el trabajo admitido.

$$COP = TC / TH - TC = 1 / 1.5 - 1 = 2$$

$$W_{neto} = Q_{entra} / COP = 316 \text{ KJ} / 2 = 158 \text{ KJ}$$

11. Dos maquinas reversibles (A y B) funciona en serie entre un deposito de alta temperatura ( $T_a$ ), y otro de baja temperatura ( $T_b$ ). la maquina A cede calor a la maquina

B, que a su vez cede calor a la maquina A. Sean  $(T_a) = 1000\text{ K}$ ,  $(T_b) = 400\text{ K}$ , e iguales las eficiencias térmicas de las maquinas. El calor recibido por A es 500 KJ. Determine (a) la temperatura a la que se efectúa la cesión de calor por parte de la maquina A; (b) los trabajos efectuados por las maquinas A y B; (c) el calor cedido por la maquina B.

$$n_a = 1 - \frac{T_a}{T_2 - 400} = 1 - \frac{632.45^\circ\text{K}}{1000^\circ\text{K}} = 0.3675$$

$$n_b = \frac{T_2}{1000^\circ\text{K}} = 1 - \frac{400}{T_2}$$

$$a) T_2 = 632.45^\circ\text{K}$$

$$b) W_a = Q_{entra} (n_a) = 500\text{ KJ} (0.3675) = 183.77\text{ KJ}$$

$$Q_2 = W_a - Q_{entra} = 183.77 - 500\text{ KJ} = -316.23\text{ KJ}$$

$$W_b = 316.23 (0.3675) = -116.21\text{ KJ}$$

$$c) Q_3 = 116.21 - 316.23 = -200\text{ KJ}$$

13. Una planta de energía, que no causaría contaminación ambiental, puede construirse usando la diferencia de temperaturas entre masas de agua en el océano. En la superficie del mar, en regiones tropicales, la temperatura promedio del agua durante todo el año es de  $30^\circ\text{C}$ . A una profundidad de 305 m la temperatura se reduce a  $4.5^\circ\text{C}$ . Calcule la eficiencia térmica máxima que tendría dicha planta de energía.

$$T_H = 303^\circ\text{K}$$

$$T_C = 277.5^\circ\text{K}$$

$$nt = \frac{T_H - T_C}{T_H} = \frac{303 - 277.5}{303} = 0.084 = 8.4\%$$

15. Un sistema térmico de ciclo inverso se emplea para acondicionar el aire en un recinto, con refrigeración durante el verano y calefacción durante el invierno. La casa se mantiene todo el año a  $24^\circ\text{C}$ . La pérdida de calor tiene un valor de 0.44 KW por grado de diferencia entre las temperaturas exterior e interior. La temperatura exterior promedio es  $32^\circ\text{C}$  en verano y  $-4^\circ\text{C}$  en invierno. Evalúe (a) las potencias requeridas en los casos de calefacción y de refrigeración ambiental; (b) ¿Cuál es la condición que determina la capacidad del equipo que debe adquirirse?

$$T_{int} = 297^\circ\text{K}$$

$$\text{Refrigeración: } T_{ext} = 305^\circ\text{K}$$

$$\text{Calefacción: } T_{ext} = 269^\circ\text{K}$$

$$Q = 0.44\text{ KW}$$

a) Calefacción

$$nt = \frac{T_C}{T_H - T_C} = \frac{269}{297 - 269} = 9.6$$

$$W = \frac{Q}{n} = \frac{(0.44)(28)}{9.6} = 1.28\text{ KW}$$

Refrigeración

$$nt = \frac{T_C}{T_H - T_C} = \frac{297}{305 - 297} = 37.125$$

$$W = \frac{Q}{n} = \frac{(0.44)(9)}{37.125} = 0.107$$

16. La eficiencia ideal (de Carnot) en la maquina térmica es función de la temperatura alta,  $(T_a)$ , de la fuente de calor, y de la temperatura baja,  $(T_b)$ , del resumidero. Es posible cambiar la temperatura de un deposito de calor en una cantidad  $\Delta T$  para mejorar la eficiencia de la maquina. ¿Cuál es el depósito en el que debe cambiarse?

Respuesta: se debe cambiar la temperatura del resumidero ( es decir, bajar la temperatura  $T_b$ )

17. Un refrigerar Carnot cede 2500 KJ de calor a  $80^\circ\text{C}$  y desarrolla 1100 KJ de trabajo. Calcule (a) la temperatura baja en ciclo; (b) el COP; (c) el calor absorbido.

Datos

$$T_c = 353^\circ\text{K}$$

$$W = 1100 \text{ KJ}$$

$$Q = 2500 \text{ KJ}$$

$$COP = \frac{T_c}{T_H - T_c}$$

$$T_c = \frac{T_H(COP)}{(1 + COP)} = \frac{353^\circ\text{K}(1.27)}{1.27} = 197.7^\circ\text{K}$$

$$Q_{entra} + W = Q_{ced}$$

$$Q_{entra} = Q_{ced} - W = 2500 \text{ KJ} - 1100 \text{ KJ} = 1400 \text{ KJ}$$

18. Una maquina de Carnot cede 230 KJ de calor a  $25^\circ\text{C}$ , y el trabajo neto del ciclo vale 375 KJ. Determine la eficiencia térmica y la temperatura alta del ciclo.

Datos

$$Q_{sale} = 230 \text{ KJ}$$

$$T_c = 25^\circ\text{C}$$

$$W_{neto} = 375 \text{ KJ}$$

$$Q_{entra} = W_{neto} + Q_{sale}$$

$$Q_{entra} = 375 \text{ KJ} + 230 \text{ KJ} = 605 \text{ KJ}$$

$$a) \eta = \frac{375 \text{ KJ}}{605 \text{ KJ}} = 0.619$$

$$b) T_H = \frac{T_c}{(1 - \eta)} = \frac{298^\circ\text{K}}{1 - 0.619} = 782^\circ\text{K}$$

19. Un refrigerador Carnot opera entre los límites de temperatura de  $-5^\circ\text{C}$  y  $30^\circ\text{C}$ . La potencia consumida es de 4 KW, y el calor absorbido, de 30 KJ/Kg. Calcule (a) el COP; (b) la intensidad del flujo del refrigerante.

Datos

$$T_H = 30^\circ\text{C} = 303^\circ\text{K}$$

$$T_c = -5^\circ\text{C} = 268^\circ\text{K}$$

$$W = 4 \text{ KW}$$

$$Q_{entra} = 30 \text{ KJ/kg}$$

$$COP = \frac{T_c}{T_H - T_c} = \frac{268^\circ\text{K}}{(303 - 268)^\circ\text{K}} = 7.657$$

$$COP = \frac{Q_{entra} \times m}{W_{neto}}$$

$$m = \frac{W_{neto}(COP)}{Q_{entra}} = \frac{4 \text{ KW}(7.657)}{30 \text{ KJ/kg}} = 1.021 \text{ KJ/kg}$$

20. Una compañía industrial de aire acondicionado proclama haber creado un nuevo acondicionador de aire que puede mantener una habitación a  $22^\circ\text{C}$  mientras cede 105 KJ

de calor de 42°C. La unidad requiere 10 KJ de trabajo. ¿Es factible la creación de tal equipo?

$$T_c = 22^\circ\text{C} = 295^\circ\text{K}$$

$$T_H = 42^\circ\text{C} = 315^\circ\text{K}$$

$$Q_{\text{sale}} = 105 \text{ KJ}$$

$$W = 10 \text{ KJ}$$

$$COP = \frac{T_c}{T_H - T_c} = \frac{295^\circ\text{K}}{315^\circ\text{K} - 295^\circ\text{K}} = 14.75$$

$$Q_{\text{entra}} = W_{\text{neta}} \times COP = 10 \text{ KJ} (14.75) = 147.5 \text{ KJ}$$

NOTA: No es factible la creación del equipo

21. se piensa en utilizar una bomba térmica de Carnot para la calefacción de una casa en un lugar donde la temperatura exterior puede llegar a -35°C. El COP esperado para tal sistema térmico es de 1.50. ¿A qué temperatura podría suministrar calor esta unidad?

$$COP = 1.50$$

$$T_c = -35^\circ\text{C} = 238^\circ\text{K}$$

$$T_H = ?$$

$$COP = \frac{T_c}{T_H - T_c}$$

$$T_H = \frac{T_c + T_c COP}{COP} = \frac{239 + (238)(1.5)}{1.5} = 396.66^\circ\text{K}$$



## CAPITULO 8

1. Una masa de 2kg de un cierto gas se enfría de 500°C a presión constante en un cambiador de calor. Determine el cambio de entropía en el caso de

- a. Aire
- b. Dióxido de carbono
- c. Helio

Datos

M= 2kg

T1=773°K

T2=473°K

ΔS= ¿?

C<sub>p</sub> aire= 10047kJ/kg°K

C<sub>p</sub> CO<sub>2</sub>= 0.849kJ/kg°K

C<sub>p</sub> HELIO= 5.1954kJ/kg°K

a.  $mC_p \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)$

$$(2kg) \left( \frac{1.0047kJ}{kgK} \right) \ln\left( \frac{473^{\circ}K}{773^{\circ}K} \right) = -0.987kJ/^{\circ}K$$

b.  $mC_p \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)$

$$(2kg) \left( \frac{0.849kJ}{kgK} \right) \ln\left( \frac{473^{\circ}K}{773^{\circ}K} \right) = -0.834kJ/^{\circ}K$$

c.  $mC_p \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)$

$$(2kg) \left( \frac{5.1954kJ}{kgK} \right) \ln\left( \frac{473^{\circ}K}{773^{\circ}K} \right) = -5.1038kJ/^{\circ}K$$

2. Calcule el cambio de entropía por kilogramo entre 250K y 75kPa, y 750K y 300kPa, utilizando la ley del gas ideal y las tablas termodinámicas correspondientes al aire:

Datos=

T1=250K

T2=750K

P1=75kPa

P2=300kPa

$$S_2 - S_1 = c_p \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) + R \ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right)$$

$$S_2 - S_1 = (1.0047) \ln\left(\frac{750}{250}\right) - (0.287) \ln\left(\frac{300}{75}\right) = \frac{0.7059kJ}{kgK}$$

$$\Delta S = (s_2 - s_1) + R \ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right)$$

$$S_2 - S_1 = (3.4607 - 2.3325) - (0.237) \ln\left(\frac{300}{75}\right) = 0.7303 \text{ kJ/kgK}$$

3. Se produce la compresión isotrópica de un gas. Calcule la relación de temperaturas que permite esto, si la relación de las presiones vale 6 y el gas es

A. (aire)

B. Propano

C. Helio

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{K-1/K}$$

a.

$$\frac{T_2}{T_1} = 6^{(1.4-1)/1.4}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = 1.6685$$

b.

$$\frac{T_2}{T_1} = 6^{(1.127-1)/1.127}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = 1.2235$$

c.

$$\frac{T_2}{T_1} = 6^{(1.666-1)/1.666}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = 2.046$$

5. Se comprime aire isotérmicamente a 300K, desde 150kpa hasta 400kpa. Determine el cambio de entropía y la transferencia de calor por kilogramo de aire.

DATOS:

$C_p$ : 1.0047

$C_v$ : 0.7176

m: 1kg

T: 300°K

$P_1$ : 150kPa

$P_2$ : 400kPa

K: 0.287

$$V_1 = \frac{mRt}{P_1} = \frac{(1kg)(0.287kJ/kg \cdot K)(300^\circ K)}{150kPa} = 0.574m^3$$

$$V_2 = \frac{mRt}{P_2} = \frac{(1kg)(0.287kJ/kg \cdot K)(300^\circ K)}{400kPa} = 0.215m^3$$

$$\Delta S = mC_v \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) + mR \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$

$$\Delta S = (1kg) \left(0. \frac{287kJ}{kg} \cdot K\right) \ln\left(\frac{0.287m^3}{0.574m^3}\right) = -0.2814kJ/^\circ K$$

6. En un compresor de gran cantidad enfriado por agua ocurre un proceso de compresión isotérmica de 50Kg/s de nitrógeno de 305K y 120kpa a 480kpa. Determine

a. El cambio de entropía

b. La potencia requerida

DATOS:

m: 50kg/seg

$T_1$ : 305°K

$P_1$ : 120kPa

$P_2$ : 480kPa

$\Delta S$ : ¿?

R: 0.2958kJ/kg.K

$$\Delta S = mC_v \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) + mR \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$

$$\Delta S = (1kg) \left(\frac{0.287kJ}{kg} \cdot K\right) \ln\left(\frac{480m^3}{120m^3}\right) = -20.57kw/K$$

b.

P:  $\Delta S \cdot T$

P: (-20.57Kw/K)(305°K)

P: 6275Kw

8. Un dispositivo de cilindro y embolo que contiene 0.2Kg de aire a 800K y 2.1MPa lo expande isentròpicamente hasta que la presión es de 210kpa obtenga:

A. El trabajo realizado (utilizando las tablas de gas)

B. Los volúmenes específicos inicial y final.

DATOS:

m: 0.2kg

T1: 800K

P1: 2.1MPa

S1: S2

P2: 210 kPa

W: ¿?

V1 – v2: ¿?

$$V_1 = \frac{R \cdot T_1}{P_1} = \frac{0.287(800K)}{2100KPa} = 0.11m^3/kg$$

q:  $\Delta u + w$

q = 0 para s=c

u = 592.34      p<sub>r1</sub> = 47.75

$$P_{r2} = P_{r1} \left( \frac{P_2}{P_1} \right) = 47.75 \left( \frac{210}{2100} \right) = 4.775$$

W = u1 - u2

$$W = (592.34 - 304) = 53kJ$$

9. Un sistema cerrado experimenta un proceso politrópico de acuerdo con  $p v^{1.5} = C$ . La temperatura y la presión iniciales son de 600K y de 200kpa. Respectivamente.

Una masa de 3Kg de aire es la sustancia de trabajo. Determine el cambio de entropía en el proceso si la temperatura final vale 900K.

$$\frac{P_2}{P_1} = \left( \frac{T_2}{T_1} \right)^{n/n-1}$$

$$P_2 = P_1 \left( \frac{T_2}{T_1} \right)^{n/n-1}$$

$$P_2 = 200kPa \left( \frac{900K}{600K} \right)^{1.5/1.5-1}$$

$$P_2: (200kPa)(1.5)^{4.33}$$

$$P_2: 1157.45kPa$$

11. En un proceso a volumen constante de 1.5 Kg de aire son enfriados desde una temperatura de 1200K. El cambio de entropía es de -10492kJ/K. Determine la temperatura final.

DATOS:

V: C

m: 1.5kg

$\Delta S$ : -1.99215kJ/K

$T_1$ : 1200K

$T_2$ : ¿?

$$\Delta S = mC_v \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) + mR \ln\left(\frac{v_2}{v_1}\right)$$

$$\Delta S: mC_v \ln(T_2/T_1)$$

$$\ln T_2 = \frac{-1.492 \text{ kJ/K}}{(1.5 \text{ kg})(0.7176 \text{ kJ/K})} + \ln(1200 \text{ K})$$

$$\ln T_2 = (-1.3861 + 7.0907)^\circ \text{K}$$

$$\ln T_2 = 5.70397^\circ \text{K}$$

$$T_2 = e^{(5.70397)}$$

$$T_2 = 300^\circ \text{K}$$

12. Un proceso de enfriamiento que se lleva a cabo a presión constante incluye la remoción de 3.5kw del sistema. Calcule el flujo de masa que se requiere así como el cambio de entropía en los siguientes:

a. Aire, al reducir su temperatura de 0°C a -20°C

b. Refrigerante 12, al condensarse a -20°C

c. Amoníaco, cuando se condensa a -20°C.

DATOS:

W: 3.5 Kw

$P_1 = P_2 = c$

a.

$$mh_1 = mh_2 + w$$

$$S_2 - S_1 = mc_p \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) + mR \ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right)$$

$$S_2 - S_1 = (1.0244) \ln\left(\frac{253}{273}\right) = -\frac{0.0764 \text{ KJ}}{\text{Kg}} \cdot \text{K}$$

$$m = \frac{w}{(h_1 - h_2)} = \frac{m(h_1 - h_2) = W}{13.5 \text{ kw}} = \frac{0.1742 \text{ kg/J}}{(120.094) \text{ kJ/Kg}} = 0.1742 \text{ kg/J}$$

13. Evalúe el calor transferido de estado (a) al estado (b), si  $T = 300 + 1.5s^2$  para este proceso.

14. Un motor Carnot funciona entre 4°C y 280°C. Si la máquina produce 310 KJ de trabajo, determine el cambio de entropía durante la adición de calor.

DATOS:

$T_c = 277 \text{ K}$

$$T_H = 553K$$

$$\eta_t = \frac{T_H - T_C}{T_H} = \frac{553 - 277}{553} = 0.50$$

$$Q_{entra} = \frac{w}{\eta} = \frac{310kJ}{0.50} = 620kJ$$

$$\delta Q = T dS$$

$$dS = \frac{\delta Q}{T} = \frac{620KJ}{1553K} = 1.12KJ/K$$

15. Una masa de 2Kg de un gas ideal para el que  $R = 317J/Kg \cdot K$  y  $k = 1.26$ , se halla contenida en un cilindro rígido, 21.1kJ de calor se agregan al gas, el cual tenía una temperatura inicial de 305K. Calcule:

- Temperatura final
- El cambio de entropía
- El cambio de entalpía
- El cambio de energía interna

Datos:

$R: 317J/kg^\circ K$

$K: 1.26$

$Q: 21.1kJ$

$T_1: 305^\circ K$

$T_2: ?$

$\Delta S: ?$

$\Delta h: ?$

$\Delta u: ?$

a.

$$\frac{317J}{kg \cdot ^\circ K} * \frac{1kJ}{100J} = 0.317kJ/Kg^\circ K$$

$$K = C_p - C_v$$

$$C_p = K \cdot C_v$$

$$C_p = 1.26 C_v //$$

$$R = C_p - C_v$$

$$0.317kJ/Kg \cdot ^\circ K = 1.26 C_v - C_v$$

$$C_v = \frac{0.317kJ/kg^\circ K}{0.26}$$

$$Q = m C_v (T_2 - T_1)$$

$$T_2 = (Q/mC_v) + T_1$$

16. Una turbina de gas expande politrópicamente 50Kg/s de helio, según  $PV^3 = C$ , desde 1100K y 500Kpa hasta 350K. Determine

- A. La potencia producida
- B. El cambio de entropía
- C. La presión final
- D. La pérdida de calor,
- E. La potencia producida por la expansión isentrópica a la misma temperatura.

DATOS:

m: 50Kg/s

T1: 1100K

T2: 350K

P1: 500KPa

a.

$$P_2 = P_1 \left( \frac{T_2}{T_1} \right)^{n/n-1}$$

$$P_2 = 500Pa \left( \frac{350K}{1100K} \right)^{1.5/1.5-1} = 38.02KPa$$

$$W = \frac{n}{n-1} \cdot mRT_1 \left[ 1 - \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{n/n-1} \right]$$

$$W = \frac{1.8}{0.8} \cdot \left( \frac{50kg}{s} \right) (2.077)(1100K) \left[ 1 - \left( \frac{38.01}{500} \right)^{1.8/0.8} \right] = 175245Kw$$

b.

$$\Delta S = mC_v \ln \left( \frac{T_2}{T_1} \right) + mR \ln \left( \frac{P_2}{P_1} \right)$$

$$\Delta S = (50)(5.1954) \ln \left( \frac{350}{1100} \right) + (50)(2.077) \ln \left( \frac{38.02}{500} \right) = -30Kw/K$$

c.

$$Q + mh_1 = mh_2 + w$$

$$Q = m(h_2 - h_1) + w$$

$$Q = \left( \frac{50Kg}{s} \right) (5.1984)(350 - 1100) + 175245 = -19.585Kw$$

17. Una turbina recibe vapor (de agua) como seco saturado a 7.0 MPa, lo expande adiabáticamente hasta la presión atmosférica, 100kpa. La turbina emplea 24.3Kg/h de vapor por cada Kwatt. ¿Cuál es la entropía del vapor que sale de la turbina?

DATOS:

P1: 7.0MPa

P2: 100KPa

T1: 285.88°C + 273= 558.88K

Q: 0

m: 24.3kg/h

h1: 2772.1kJ/kg

$$mh_1 = mh_2 + w$$

$$h_2 = \frac{mh_1 + w}{m} = \frac{(6.75 \times 10^{-8})(2722.1) - 1}{(6.75 \times 10^{-8} \frac{kg}{s})} = 2623.95$$

$$h_2 = h_p + x h_{fg}$$

$$2623.95 = 417.46 + x(2258)$$

$$X = 0.98$$

$$S_2 = S_g - (1 - x)S_{fg}$$

$$S_2 = 7.3594 - (1 - 0.98)6.0568$$

$$S_2 = 7.2272 \text{ kJ/K. Kj}$$

19. Una masa de 2.27Kg de vapor se expande adiabáticamente desde un volumen de 0.234m³ y una temperatura de 300°C, hasta una presión de 125kpa. Calcule

A. El trabajo, la presión inicial y la calidad final en el caso de una expansión adiabática reversible

B. El trabajo, la presión inicial y el cambio de entropía correspondiente a una expansión irreversible, en la que la calidad final es de 100%. (El vapor es de agua).

DATOS:

m: 2.27kg

v₁: 0.234m³

T₁: 300°C

P₁: 125kPa

K= 1.329

ΔS: 0

a.

$$Q = \Delta u + w$$

$$V_t = \frac{v}{m} = \frac{0.234m^3}{2.27kg} = 0.103084m^3/kg$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{K-1/K} = 573 \left(\frac{125}{2.200}\right)^{(0.324)/1.324} = 281.72$$

$$w = \frac{mR(T_2 - T_1)}{1 - K} = \frac{(2.27)(0.4615)(281.72 - 573)}{-0.329} = 927.5KJ$$



$$V_2 = V_1 \left( \frac{P_1}{P_2} \right)^{\frac{1}{K}} = 2.0218$$

$$w = \left( \begin{array}{c} (125)(2.0248) - (2200)(0.234) \\ -0.329 \end{array} \right) =$$

## CAPITULO 9

1. Determine la energía disponible de un de un gas de combustión para el que  $C_p = 1.046 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$ , cuando se enfría de 1200K a 480K a presión constante, los alrededores se encuentran a 295 K.

$$Q = mc_p(T_2 - T_1)$$

$$Q = 1.046(480 - 1260) = -815.88$$

$$ED = Q + T_0 mc_p \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)$$

$$ED = -\frac{815.88 \text{ kJ}}{\text{kg}} + (295 \text{ K})(1.046) \ln\left(\frac{480 \text{ K}}{1200 \text{ K}}\right) = -518.08 \text{ kJ/kg}$$

2. Una maquina de Carnot recibe calor de un dispositivo de temperatura constante. La maquina tiene una temperatura máxima de 820 K. Para cada 1100KJ de calor transferidos. Calcule el cambio neto de entropía cuando el deposito de alta temperatura se encuentra a las temperaturas siguientes:

- a. 1700K
- b. 1425K
- c. 1150K
- d. 875 K

$$\text{a. } \Delta S_{dp} = \frac{Q}{T_E} = \frac{1100 \text{ KJ}}{1700 \text{ K}} = 0.647 \text{ KJ/K} \qquad \Delta S_{maq} = \frac{Q}{T_h} = \frac{1100 \text{ kJ}}{820 \text{ K}} = 1.341 \text{ KJ/K}$$

$$\Delta S_{neta} = \Delta S_{maq} - \Delta S_{dp} = 1.341 - 0.647 = 0.694 \text{ kJ/K}$$

$$\text{b. } \Delta S_{dp} = \frac{Q}{T_E} = \frac{1100 \text{ kJ}}{1425 \text{ K}} = 0.772 \text{ KJ/K}$$

$$\Delta S_{neta} = \Delta S_{maq} - \Delta S_{dp} = 1.341 - 0.772 = 0.569 \text{ kJ/K}$$

$$\text{c. } \Delta S_{dp} = \frac{Q}{T_E} = \frac{1100 \text{ kJ}}{1150 \text{ K}} = 0.956 \text{ KJ/K}$$

$$\Delta S_{neta} = \Delta S_{maq} - \Delta S_{dp} = 1.341 - 0.956 = \frac{0.385 \text{ kJ}}{\text{K}}$$

$$\text{d. } \Delta S_{dp} = \frac{Q}{T_E} = \frac{1100 \text{ kJ}}{875 \text{ K}} = 1.257 \text{ KJ/K}$$

$$\Delta S_{neta} = \Delta S_{maq} - \Delta S_{dp} = 1.341 - 1.257 = 0.0838 \text{ kJ/K}$$

3. A una presión constante de 138kpa, una masa de 5Kg de aire es enfriada de 500K a 300K. La temperatura de los alrededores es de 277K. Determine la porción disponible del calor cedido así como el incremento de entropía del universo.

DATOS:

$P_c$ : 138KPa

$m$ : 5kg

$T_1$ : 500K

$T_2$ : 300K

$T$ : 277k

ED: ¿?

$\Delta S$ : ¿?

$$Q = \Delta H$$

$$Q = mc(T_2 - T_1)$$

$$Q = (5kg)(1.0047)(300 - 500) = -1004.7kJ$$

$$ED = Q - Tmc_p \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)$$

$$ED = -1004.7kJ - (277K)(15)(1.0047) \ln\left(\frac{300}{500}\right) = -293.88KJ$$

$$\Delta S = \frac{1004.7KJ}{277K} = \frac{3.627kJ}{K}$$

4. El vapor se sale de una turbina tiene una calidad de 85% y una presión de 10kpa. Y se condensa luego hasta convertirse en líquido saturado. La menor temperatura disponible es de 21°C. ¿Qué fracción de calor cedido al condensador es energía disponible?

DATOS:

$P_1$ : 10KPa

$T_0$ : 21°C +273=294°K

$x$ : 0,85  $S_a = S_f + S_{fg}$

$$S_a = 0.6493 + (0.85)(7.5009)$$

$$S_a = 7.025kJ/kg.K$$

$$S_b = 0.6443kJ/kg.K$$

$$Q = T\Delta S$$

$$Q = 318.81(0.6493 - 7.025) = -2032.63$$

$$ED = -2032.63 - (294°K)(0.6443 - 7.025) - 158.20/-2184.3 = 0.0778$$

$$ED=7.78\%$$

5. Si 2kg de aire a 21°C se calientan a presión constante hasta que se duplica su temperatura absoluta calcule para este proceso calcule

A. El calor requerido

B. El cambio de entropía.

C. La energía no disponible

D. La energía disponible si  $T_0 = 10^\circ C$

DATOS:

T1: 294

T2: 588

a.  $p=c$

$Q=\Delta H$

$$Q = mc_p(T_2 - T_1)$$
$$Q = (2kg)(1.0017)(588 - 294) = 590.76kJ$$

b. 
$$\Delta S = mc_p \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) = (2kg)(1.0049) \ln(2) = 1.3928kJ/K$$

c. 
$$END = T_0 \Delta S$$

$$END = 283K \left( \frac{1.3928kJ}{K} \right) = 3.94.16kJ$$

d. 
$$ED: Q - END = 196.6kJ$$

8. Un recipiente de volumen constante contiene aire a 102kpa y 300K. Una rueda de paletas realiza un trabajo sobre el aire hasta que la temperatura del mismo es de 422K. El aire es enfriado luego por los alrededores (a 289K) hasta su estado original. Halle:

A. El trabajo (adiabático) de agitación requerido por quilogramo

B. La porción disponible del calor cedido, por kilogramos.

DATOS:

P1= 120kPa

T1: 300K

T2: 422K

T: 289K

a.  $Q = \Delta u + w - w_p$

$$w_p = \Delta u$$

$$w_p = c_v(T_2 - T_1) = (0.7176)(422 - 300) = 37.55KJ/kg$$

b. 
$$\Delta S = mc_v \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) + mR \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$

$$\Delta S = (0.7176) \ln\left(\frac{300}{422}\right) = 0.2448kJ/kg$$

$$V=C$$

$$Q = \Delta u + w$$

$$Q = mc_p(T_2 - T_1)$$

$$Q = (0.7176)(300 - 422) = -87.56kJ/kg.K$$

$$ED = Q + T_0 m(S_2 - S_1)$$

$$ED = (-87.55) - (289K)(-0.2448kJ/kg.K) = -16.8KJ/Kg$$

9. Un dispositivo de cilindro y embolo contiene aire a 140kpa t 16°C, inicialmente. Ocurre luego un proceso irreversible durante el cual se ceden 2.11kj de calor y se efectúan 2.53kj de trabajo sobre el aire. El sistema contiene 0.068kg.

A. Si la presión final es de 2.75kpa. Determine el cambio de entropía

B. Considerando que la temperatura del reservorio es de 15°C, Calcule la porción disponible **de** calor transferido.

a.

$$Q = \Delta u + w$$

$$\Delta u = -2.11\text{kJ} + 2.53\text{kJ} = 0.42\text{kJ}$$

$$\Delta u = mc_v(T_2 - T_1)$$

$$0.42\text{kJ} = (0.068\text{kg})(0.7176)(T_2 - 289\text{K})$$

$$T_2 = 297.6\text{K}$$

$$S_2 - S_1 = mc_p \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) + mR \ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right)$$

$$S_2 - S_1 = (0.068)(1.0047) \ln\left(\frac{297.6\text{K}}{289\text{K}}\right) + (0.068)(0.287) \ln\left(\frac{2.75}{1.40}\right)$$

$$S_2 - S_1 = 0.0111\text{kJ/K}$$

b.

$$ED: Q - T_0(S_2 - S_1)$$

$$ED = 2.11\text{kJ} - (288)(0.0111) = 1.0868\text{kJ}$$

11. Una masa de aire de 2.5kg, es enfriada desde 210kpa y 205°C, hasta 5°C, a volumen constante. Todo el calor es cedido a los alrededores a -4°C. Calcule la porción disponible del calor cedido. Trazar un diagrama T- s e indique ahí las porciones disponibles y no disponibles de la energía cedida.

$$V=C$$

$$Q=\Delta u+w$$

$$Q = mc_p(T_2 - T_1)$$

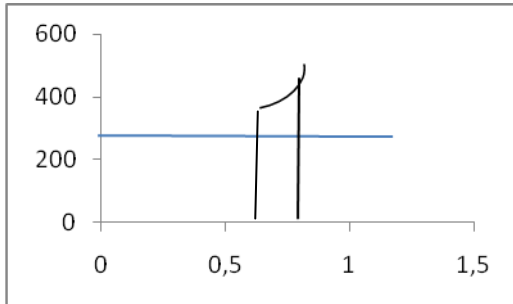
$$Q = (2.5\text{kg})(0.7176)(278 - 478) = -358.8\text{kJ}$$

$$S_2 - S_1 = mc_p \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) + mR \ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right)$$

$$S_2 - S_1 = (2.5\text{kg})(0.7176) \ln\left(\frac{278}{478}\right) = -0.9723\text{kJ/K}$$

$$ED: Q - T_0(S2 - S1)$$

$$ED = -358.8kJ - (269)(-0.9723) = -97.25kJ$$



13. Una caldera produce vapor saturado seco a 3.5Mpa. El gas de la combustión entra a banco de tubos a una temperatura de 1100°C, sale a una temperatura de 430°C y presenta un calor específico medio  $c_p = 1.046 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$ , en tal variación de temperatura. Despreciando las pérdidas de calor en la caldera y la del agua que entra a ella en forma de líquido saturado, con una intensidad de flujo de 12.6 kg/s, determine, para  $T_0 = 21^\circ\text{C}$

- A. La transferencia de calor
- B. La pérdida de energía disponible del gas
- C. La ganancia de energía disponible de vapor
- D. La producción de entropía.

$$H_{entra g} + H_{entra w} = H_{sale g} + H_{sale w}$$

$$mc_p(T_2 - T_1) = m(H_{sale w} - H_{ent w})$$

$$m_{hg}(1.046)(1373 - 703) = 12.6(1753.7)$$

$$m_{hg} = \frac{22096.62}{700.82} = 31.529 \text{ kg/s}$$

$$a. \quad Q_{1-2} = \Delta H_{1-2}$$

$$Q_{1-2} = mc_p(T_2 - T_1) = 22.096 \text{ kW}$$

$$b. \quad ED = mc_p(T_2 - T_1) \ln \frac{T_2}{T_1}$$

$$= -22.096 \text{ kW} - (31.53)(294)(1.046) \left( \ln \frac{703}{1373} \right) = -15605.4 \text{ kW}$$

$$c. \quad ED_{3-1}: Q - T_0(S2 - S1)$$

$$ED_{3-1} = 22.096Kw - (294)(12.6)(3.4) = 9501.04kw$$

d.

$$ED_{neta} = \xi(ED) = (-15603.4Kw + 9501.04) = -6104.36Kw$$

$$\begin{aligned} END_{NETA} &= T_0 \Delta S_{neta} \\ \Delta S_{neta} &= \frac{-6104.36Kw}{294K} = 20.76kw/K \end{aligned}$$

14. Una turbina de vapor utiliza 12.6kg/s de vapor y lo descarga luego a un condensador a 5kpa con 90% de calidad. El agua de enfriamiento entra al condensador a 21°C y sale a temperatura del vapor de agua. Determine

- A. Calor cedido
- B. La pérdida neta de energía disponible
- C. La producción de entropía
- D. El incremento de entropía en el universo

$$Q_{1-2} = Q_{3-4}(T_2 - T_1)$$

$$Q_{3-4} = 548(2.8730) = 1574.409kJ/kg$$

$$(S_2 - S_1) = \frac{Q}{T_1} = \frac{1574.409kJ/k}{585} = -2.6912kJ/kgK$$

$$ED_{1-2} = Q - T_0(S_2 - S_1)$$

$$ED = -1574.4 - (288)(-2.6912) = -799.3128kJ/kg$$

$$ED_{3-4} = 1574.409 - (288)((2.8736) = 746. \frac{98KJ}{kg}$$

$$ED_{neta} = \xi(ED) = -799.34 + 746.976 = -52.33KJ/kg$$